tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 52 nr. 4/5/6 1987

nederlands
elektronica-
en
radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en - verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt ƒ 60,- per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt ƒ 60,- . Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE 22e PLENAIRE VERGADERING VAN DE INTERNATIONALE WETENSCHAPPELIJKE RADIO UNIE, TEL AVIV, 1987. a) INTERNATIONALE EN NEDERLANDSE DEELNAME, b) HET WERK VAN COMMISSIE E (ELECTROMAGNETISCHE RUIS EN STORINGEN)

Prof.dr.F.L.H.M. Stumpers
eerder wetenschappelijk adviseur Philips Nat.Lab.
Elzentlaan 11, 5611 LG Eindhoven,
lid K.N.A.W. en Hongaarse Academie, erelid N.E.R.G.

The 22nd Plenary Assembly of the International Union of Radio Science, Tel-Aviv, 1987. Some international aspects, participation from the Netherlands. The work of Commission E (Electromagnetic Noise and Interference).

The complete program of Commission E is reviewed, and nine sessions are treated in detail, especially the three sessions on lightning, seismologic effects, satellites, man-made noise, communication in noise. The author was chairman of Commission E during the Plenary Assemblies of Florence and Tel--Aviv, 1984, 1987.

Inleiding

Aan de plenaire vergadering werd deelgenomen door 826 gedelegeerden, die 42 landen vertegenwoordigen. De /erenigde Staten hadden 200 deelnemers, Israel 175, Frankrijk 72, Duitsland 63, Engeland 45, Japan 36, Zweden 28, Italie 27, Canada 21, Nederland 20. Israel had als organiserend land ditmaal een bijzonder groot aantal deelnemers, van de ander landen was de deelname min of meer representatief voor de aantallen, die we gewoonlijk zien. De Nederlandse delegatie bestond uit vijf radio- astronomen (Bos, Brouw, Kahlman, Schilizzi, Van Ardenne), vijf vertegenwoordigers van de Technische Universiteiten (Tijhuis, van den Berg, van der Veeken, T.U. Delft, Scheeren, Weenink, T.U. Eindhoven), drie van Eztec ESA (Brussaard, Frish, Hamelin), twee van Philips Nat.Lab. (Peek, Stumpers), een elk van Swinden lab., Kaptein lab. en KNMI (de Vreede, Schwarz, van Velthoven), voorts Cornelissen en Mass. Behalve deze twintig werden er nog zeven genoemd als auteur of co-auteur (Bergmans, Haykward, Jansen, Kelder, van 't Klooster, Spoelstra, Wakker). Uit de Nederlandse delegatie werden dr. Brussaard en dr. Hamelin gekozen tot vice-voorzitter van resp. Commissie E en F (Propagatie van golven en meting op afstand.), prof. Peek tot lid van de financiele commissie, en prof. Stumpers tot vice-voorzitter van de URSI-CCIR-CCITT commissie. Leden van onze delegatie gaven 21 voordrachten.

Professor Cullen werd president van de Unie (2 Stumpers, 3 Okamura, 4 Pettit). Prof. Albrecht en prof. Zima werden herkozen als vice-president, nieuw gekozen werden dr. Dowden en mr. Jull.

Iedere deelnemer ontving de "Review of Radio Science", een volledig overzicht van het werk op het gebied van alle negen URSI commissies, "Modern Radio Science", de algemene voordrachten "Nieuwe communicatie netwerken", Seguin "Optische technieken in computers en schakelingen", Midwinter, "Ontmoetingen met de komeet Halley", Axford an Sagdeev. De Algemene overzichten van alle Commissies. Het programma, en de samenvattingen van alle voordrachten.

Commissie E organiseerde twintig wetenschappelijke en twee administratieve zittingen. 9 waren gespecialiseerd op het eigen gebied van de Commissie, 6 werden tesamen met andere Commissies onder hoofdverantwoordelijkheid van E georganiseerd, en 5 andere werden eveneens te samen met andere Commissies georganiseerd. Tot de onderwerpen behoorden : Interactie van electromagnetische golven en biologische systemen. De bliksem a) Voorontladingen en geassocieerde straling, b) Interactie met vliegtuigen, c) Van wolken naar aarde, stromen en afgeleiden daarvan, modelbeschouwingen. Spectrum beheersing en frequentie toewijzing. Blijvende effecten van inschakelverschijnselen op het gedrag van schakelingen. Electromagnetische effecten van aardbevingen. Richtingsbepaling bij laagfrequente (whistlers) en hoogfrequente atmosferische storingen. Niet-lineaire effecten bij electromagnetische golven. De totale ruisomgeving. Satellieten, solaire en planetaire ruisomgeving. Koppeling en afscherming. E.m. topologie. Door de techniek veroorzaakte storingen, limieten en statistieken. Communicatie in natuurlijke en door mensen veroorzaakte ruis. Golfvormen in het tijdsdomein, en toepassingen daarvan.

Samenvatting van enkele wetenschappelijke zittingen

In de door Proctor georganiseerde zitting over de bliksem, voorontladingen en geassocieerde straling, beschreef deze, hoe hij met vijf ontvangers op grote onderlinge afstanden, de plaats, waar een radiostoring optrad, localiseerde. Hij kon ook de ontladingen in de wolken volgen, en de wijze, waarop de bliksem in kleine stappen naar de aarde afdaalt. Electromagnetische ruis wordt uitgestraald, wanneer de lucht wordt geioniseerd. De bliksem wordt in drie dimensies in kaart gebracht. De golfvorm en de kenmerkende eigenschappen van de bron worden beschreven. Hij bestudeerde 150 bliksemslagen, waarvan 46 naar de aarde. Williams karakteriseerde electrische ontladingen in donderwolken door quasi constante stromen van 1 tot 100 Ampère, die tientallen millisec. voortduurden, met daarboven over discrete slagen van 1000 tot 10^5 Amp., met tijdsduren van microsec.. Hij deed waarnemingen aan natuurlijke en gestimuleerde bliksem met behulp van radar, stralingssensoren, stroomsensoren en antennes om de verschillende theorieën te toetsen. De quasi-constante stromen ontstaan door de expansie van een dendritische, draadachtige structuur in steeds nieuwe gebieden van electrische velden en ruimteladingen in wolken. De inwendige impedantie van de bron is 10^7 Ohm (10^8 Volt bij 10 Amp.) is groot t.o.v. de kanaalbelasting (ca. 10^5 Ohm). Daarom gedraagt de dendritische expansie zich als een constante stroombron. Dit is in overeenstemming met de lineaire variatie van het electrische veld in de periode tussen bliksemslagen. Discrete slagen zijn het resultaat van toename in electrisch geleidingsvermogen bij convectie-koeling. Instabiliteit domineert in kanalen met stromen van 1 Amp. Deze "voorlopers" ziet men optisch en ook met behulp van radar. Het afnemen van de radar echo van de bliksem, voorafgaand aan de bliksemslag wordt toegeschreven aan verminderde electronen dichtheid in de convectief gekoelde kanalen. Mazur deed metingen met een geïnstrumenteerd vliegtuig, dat door onweerswolken vliegt. Hij mat daarbij gelijkstromen naar punten, waar een bliksemkanaal een vliegtuig raakt. Hij mat ook de afgeleiden van het electrische veld en de veranderingen van de luminositeit, en analyseerde televisie beelden van het bliksemkanaal, evenals radar echo's, om de karakteristieken van bliksemslagen in wolken en naar aarde te bepalen. De ontlading begint met een reeks korte (tientallen microsec) impulsen, die 10^3 tot 10^4 keer per sec. voorkomen. Enkele millisec. na het optreden van de eerste pulsen, gaat een stroom lopen, die tussen tien en honderden millisec. duurt. Uit optische waarnemingen volgt, dat dit waarschijnlijk terugslagen zijn. Ook Richard gebruikte interferometrische afbeeldingstechnieken, brede band analyse in de tijd, spectrale en polarisatie analyse. Dit geeft ook informatie over de fijnstructuur in de tijd en de ruimte van bliksemprocessen, ontladingspropagatiesnelheden, ruimtelijke uitbreiding, absoluut stralingsniveau, stroom en gecorreleerde spanningsveldmeting. Hij mat ook de invloed van de omgeving, zoals die door reflecties en de radar waarnemingen van de wind dynamica gegeven wordt. Pirjola beschreef, mede namens Tuomi, een plaatsbepalingssysteem voor bliksemslagen, dat in Finland wordt gebruikt.

DuBro organiseerde de zitting over de interactie van de bliksem met vliegtuigen. Boulay heeft met twee verschillende vliegtuigen de electrische en magnetische veld pulsen gemeten, die zich voordoen, wanneer de bliksem contact maakt met een vliegtuig. De herhalingsfrequentie is ongeveer 10^4 Hz. De golfvorm is hetzelfde voor alle pulsen waargenomen tijdens de vlucht. Het impulsieve proces vindt plaats voor de hoofdstroom vloeit, gedurende het voorontladingsproces, dat enkele millisec. duurt. Er werden ook bliksem-simulatie proeven gedaan. Anderson Plumer was voorzitter van een commissie, die de bescherming van electrische en electronische systemen in vliegtuigen tegen de effecten van bliksem moest standaardiseren. Daarvoor worden ook test pulsen gebruikt. Men heeft nagegaan op welke punten de bliksem het meest waarschijnlijk zal raken, en stelt dus voor de proeven op die punten te doen. Er wordt gewerkt met piekstromen van 100 kA, en ladingsoverdrachten van 200 Coulomb. Verschillende golfvormen worden voorgesteld. Rustan deed vele metingen in het CV580 vliegtuig, dat met sensorinstrumenten voor het meten van electrische en magnetische velden was uitgerust. 48 blikseminslagen werden waargenomen in centraal Florida. Ongeveer 10% van deze inslagen werd veroorzaakt door het vliegtuig zelf. Er waren weinig ontladingen bij, die als wolk-aarde blikseminslagen werden bevestigd. De piek stroom liep op tot 41 kA en de rijs-snelheid was 38 kA/µs. De electrische en magnetische veld variaties waren 600 kV/m en 625 A/m. Baum behandelde de interactie van de bliksem met electronische systemen in het vliegtuig. De boog van de bliksem en de corona maken, dat het probleem er nietlineair is. De bliksem verandert ook de eigen frequenties, en de dempingsconstanten. Ook Perala besprak nietlineaire en lineaire modellen en vergeleek de resultaten van model resultaten met echte data verkregen tijdens vluchten met CV580 en F 106 vliegtuigen. Ook het effect van het gebruik van niet metalen in de vliegtuigconstructie is belangrijk. Burrows behandelt het testen van vliegtuigen, maar vindt het testen onder de condities, zoals die bij een zware blikseminslag optreden te gevaarlijk en oneconomisch. Hij doet het dus op een bescheiden niveau en extrapoleert de resultaten.

De zitting over bliksemslagen van de wolken naar de aarde werd georganiseerd door Dr. Hamelin. In haar eerste voordracht besprak Mrs. Leteinturier de in Florida en in Frankrijk gebruikte techniek van de gestimuleerde bliksem ("triggered"). De afgeleide was groter dan men vroeger dacht (gemiddeld 101 kA/µs). De piekstromen waren van dezelfde orde, als eerder gemeten, ca. 50 kA

max., gem. 15 kA. Ze vond ook, dat I_{max} en dI/dt ongeveer evenredig waren. Baum zocht naar de correlatie tussen de electrische velden van de bliksem en de optische emissie. Hij deed metingen met 5-10 nsec tijdsafstand, en grote nauwkeurigheid, om de physische realiteit van zijn modellen (niet-lineair transmisse lijn model en magnetohydrodynamisch model) aan te tonen. In een tweede voordracht besprak Leteinturier metingen van dE/dt op 50m en 5km afstand van he inslagpunt. Uit het tranmissie lijn model krijgt men, wanneer men een opwaartse snelheid van een derde van de lichtsnelheid in aanmerking neemt, een tweemaal kleinere waarde dan gemeten werd. Misschien is de stroomsnelheid, dicht bij de grond, nog groter. Mogelijk moet men ook een beneden waartse golf naast de opwaartse golf in aanmerking nemen vanaf een gemeenschappelijke junctie. Kawasaki bestudeerde positieve slagen naar aarde, 38 in de winter van 1986. Deze werden gemeten in de Japanse zee op ca. 100 km van de kust, waarbij de inslagpunten ongeveer parallel aan de kust lagen. Van 15 gemeten E velden was de polariteit duidelijk positief. Het B veld loopt langzaam aan en vertoont daarna een snelle overgang van 10 tot 90% in gemiddeld 570 nsec met een standaard afwijking van 130 nsc. Scuka was geinteresseerd in blikseminslagen op bovengrondse leidingen. Hij maakte gebruik van een groot centrum voor de localisatie en registratie van bliksem-inslagen met electrische en magnetische antennes, dat bijna het gehele Scandinavie bestrijkt.

De zitting over electromagnetische verschijnselen, die met aardbevingen samenhangen, werd door prof. Yoshino georganiseerd. Ik gaf een samenvatting van de zitting, die het jaar tevoren in Wroclaw aan hetzelfde onderwerp was gewijd: Gokhberg (USSR) was de eerste, die de toename van electromagnetische ruis op ca. 80 KHz ongeveer een uur voor een aardbeving in de sowjet-Unie had geconstateerd. Samen met japanse geleerden bouwde hij een aantal stations rond Tokyo op, en daar werd inderdaad een plotselinge toename van de e.m. straling, ongeveer een half uur voor een aardbeving gevonden, die plotseling tot een laag niveau daalde op het moment van de aardbeving. Soms werd een aardbeving nog door een naschok gevolgd. Dan zakt het niveau de eerste keer op de helft en pas bij de tweede schok gaat het weer naar nul. In een geval was het mogelijk het centrum van de e.m. straling te identificeren met het epicentrum van de aardbeving. Parrot en Lefeuvre maten het electromagnetische veld in het frequentiebereik van 150 Hz tot 15 KHz met behulp van de lage hoogte satelliet Aureol 3, de geostationnaire satelliet GEOS 2 en een grondstation in Djibouti. Ook volgens hen is er een reëele correlatie tussen seismische activiteit en electromagnetische emissies. Schloessin had de literatuur van de grote aardbevingen nagezocht, en gevonden, dat men al in de achttiende eeuw zocht naar electrische verschijnselen in de atmosfeer, en voorgevoelens toeschreef aan de electrische toestand in de omgeving. Het is mogelijk, dat de toenemende spanningen in de aardkost leiden tot piezo electrische verschijnselen, waarbj electrische spanningsverschillen zich aan de atmosfeer manisfesteren. Hij dacht in het bijzonder aan ferroelectrische overgangen in het orthorombisch perovskiet in de aardmantel. Massey had een ontvanger tot zijn beschikking, die om de twee sec. de ruis mat in relatief rustige bandjes van 1 KHz op 268, 235, 182 en 159 KHz. De ontvanger werkt 24 uur per dag op het breukveld van Parkfield in Californie, mar er heeft zich in de periode, dat de ontvanger in gebruik is nog geen aardbeving van betekenis voorgedaan. Blanc en Rickel veroorzaakten een explosie van 4800 ton op de grond en vonden structuur veranderingen in de ionosfeer tot 200 km van de bron. Yoshino en Tomizawa vonden een toename in het ruisniveau, voorafgaand aan grote vulcanische erupties in november 1986.

Een interessante zittting was die over satellieten, planetaire en solaire ruis, georganiseerd door dr.E.K. Smith. Het thema werd door hem in zijn inleiding geschetst, als de omgeving, die een ruimteschip ontmoet, nadat het opstijgt van de aarde. Eerst worden aardse waarnemingen van laagfrequente ruis behandeld, en de zonneruis, zoals waargenomen op aarde. Dan komt de zonneruis, waargenomen in de ruimte. Verderop komt de straling van de planeten, en ten slotte de cosmische ruis. Fraser-Smith besprak de ELF/VLF ruis, waargenomen beneden de ionosfeer. In het algemeen valt deze ruis af met 1/f, maar ten gevolge van de eigenschappen van de golfpijp, gevormd door aarde en ionosfeer is er een relatief minimum bij 5kHz. Er is een netwerk van acht door computers gecontroleerde ELF/VLF ontvangers of radiometers, verspreid over de aarde. Traffet behandelde de karakteristieken van verschillende radio emissies van de zon, en hun relatie tot andere solaire phenomena. De aardse waarneming speelde hier de hoofdrol, van lage frequenties tot microgolven. Bruegerel nam de uitbarstingen van de zon op HM en KM golflengten, en hun relatie met zonne- en plasma-physische phenomena, op in zijn overzicht. Gulkis besprak het spectrum van Uranus, van km tot submm golflengten. De ontmoeting van de Voyager met Uranus in 1986 heeft hier een belangrijke bijdrage geleverd. De ruis is sterk gemoduleerd met de rotatieperiode van de planeet. Altenhoff nam met de IRAM 30 m telescoop op 1mm de komeet Halley waar, ook Pluto, Jupiter en Saturnus. De ruis van de continue radiostraling wordt beneden 1GHz gedomineerd door synchrotron straling. Tussen 1 en 10GHz ziet men thermische en niet-thermische ruis, in hoofdzaak geconcentreerd in het vlak van de Melkweg. Tussen 10 en 100 GHz domineert een grootschalige anisotropie van de cosmische microgolf achtergrond de radio hemel. Boven 100 GHz wordt de emissie van cosmisch stof belangrijk. Dit hoofdstuk werd behandeld door prof. Wielebinski. Encrenas behandelde de spectrale lijnen in de cosmische radio achtergrond. In het frequen-

tiegebied van 1MHz tot 1000GHz zijn meer dan 1000 overgangen van atomen en moleculen waargenomen. Er is een grote rijkdom gevonden aan interstellaire moleculen met isotopen, en men kent ook de atomaire samenstelling van interstellaire wolken. In het hoogfrequente gebied is de totale energie uitgestraald in lijnen een belangrijk deel van de cosmische emissie.

Dr. Taillet zat de zitting voor over electrische ladingen op ruimte vaartuigen, en electromagnetische effecten. Volgens Catani worden er al ruimt twintig jaar storingen in de werking van geosynchrone satellieten waargenomen. Uit waarnemingen weten we, dat deze storingen samen kunnen hangen met geomagnetische activiteit, met de stand van de zon, en met deeltjes van middelbare en hoge energie, die de satelliet treffen. Er is een grotere waarschijnlijkheid van storingen tussen 9 en 13 uur locale tijd. De grootte van die storingen hangt mede af van de electron-flux van middelbare energie (40 tot 200 keV), met de geomagnetische activiteit en met de absolute en differentiële oplading van het ruimtevaartuig. Electronen kunnen voor oplading van het geheel zorgen ("bulk effect"). Daarbij kan locale ontlading volgen, bijv. door photoemissie. Garrett sprak over de plasma omgeving van de geosynchrone satelliet. Vasyliunas heeft de magnetosfeer in vier gebieden verdeeld. Het eerste gebied is de plasmasfeer, een uitbreiding van de ionosfeer. Daar buiten is een gebied met bewegingen van keV deeltjes en sterk gekoppeld met geomagnetische substormen, het auroraal gebied. Daar buiten ligt het polaire gebied (polar cap domain), met lage deeltjes dichtheid. Ten slotte hebben we het vierde domein, het van Allen gebied, met stabiel ingevangen deeltjes (met energie boven 100keV) in stralingsbanden, boven de andere gebieden. De oppervlakte lading op de satelliet hangt af van de stromen naar en van het oppervlak af. Alleen in de laatste tien jaar zijn nauwkeurige deeltjes detectors voor lage energie ontwikkeld. Pas daarna konden statische modellen voor de plasma spectra worden ontwikkeld, o.a. na metingen met ATS 5 en 6. Garrett gaf ook een overzicht van de verdeling van ionen en electronen in de magnetosfeer. Meer gedetailleerde studies zijn nog nodig om alle effecten van ladingen te overzien. Nanevicz onderzocht, hoe de interactie van de satelliet met de plasma omgeving leidt tot oplading. Hoge energie electronen kunnen door de huid van de satelliet heen dringen, en direct op de electronica inwerken. De meeste andere deeltjes blijven op de huid en kunnen of de hele satelliet potentiaal veranderen, of plaatselijk verschillende ladingen doen optreden op dielectrische materialen of op geisoleerde geleiders. 10 kV electronen worden al gestopt in een micron aluminium. 700kV electronen hebben een bereik van 1 mm in aluminium. De hoge energie componenten kunnen direct werken op de halfgeleiders binnen in de satelliet. De geosynchrone baan heeft het meeste last. Taillet behandelde de electrische ontladingen, die volgen op de lading van de satelliet, in het bijzonder bij polymere lagen. Een voorbeeld van een ontlading is de "Positive flashover". Er worden eerst electronen geinjecteerd in de geleidingsband, dichtbij het polymeer oppervlak. De electronen van de geleidingsband stromen naar het oppervlak en doorkruisen de oppervlakte potentiaal grens. De electronen vallen op de positieve metalen rand en produceren een anodevlak, die locaal het metaal laat verdampen en een plasma genereert. De ionen van dat plasma bombarderen het polymere oppervlak en stimuleren de desorptie van gassen; de formatie van lawines aan de grens van het plasma induceren een snelle expansie van het plasma langs het oppervlak, genaamd "de flashover ontlading". Wenaas onderzocht, hoe ontladingen op en in de satelliet kunnen leiden tot electromagnetische signalen in de electronica ervan. Het begrijpen van de koppeling is volgens hem de sleutel tot het controleren van het effect op de electronica. Een aantal numerieke voorbeelden werden behandeld.

Scuka zat een zitting voor over blijvende effecten van inschakelverschijnselen op het gedrag van schakelingen, en over NEMP. Scuka gaf zelf een overzicht over metingen betreffende de betrouwbaarhid van VLSI chips. Het vroeg ontdekken van latente foutenis een uitdaging. Besloten werd een gezamenlijk onderzoek in te laten stellen door een werkgroep van Commissie D en E.

Castillo vroeg zich af, hoe men het beste impulsverschijnselen kon karakteriseren, om het effect op electronische systemen te bepalen. Welander zocht naar fouten met behulp van optische microscopen, en scanning electron microscopes. Lövstrand en Shiloh onderzochten de bescherming van een ondergronds defensie complex tegen de nucleaire electromagnetische puls. Wegens de grootte van het object was het niet mogelijk een geschikte simulator te vinden. In plaats daarvan gebruikte men een pulsinjectietechniek voor de injectie van stroompulsen in alle kabels en andere geleidende structuren in de gebouwen. Door meting van de penetratie van de pulsen in de gebouwen, kreeg men een goed idee van de mate waarin ze beschermd waren tegen NEMP. Wik gaf een overzicht van het werk van de SCOPE-ENUWAR commissie, en van de positieve wijze, waarop het rapport van URSI over de electromagnetische effecten van NEMP ontvangen was. Omdat dit rapport van de plenaire vergadering van Florence 1984 dateerde, gaf Stumpers een overzicht van de voortgang van de studies over de electromagnetische effecten van NEMP in de laatste drie jaar (Symposia van Zurich 1985 en 1987, San Diego en Wroclaw 1986 en Limoges 1987).

Struzak zat een zitting voor over. Door mensen veroorzaakte ruis en storingen-Limieten en statistieken. Stumpers behandelde de wijze, waarop verwante problemen in andere internationale organisaties worden bestudeerd. Voorbeelden IEC TC 65 en TC 77, C.I.S.P.R.,

C.I.G.R.E.. Electrostatische ontladingen, straling van industrieele, medische en wetenschappelijke apparatuur en de moeilijkheden bij het vaststellen van internationaal accepteerbare limieten, statistieken de 80-80 regel van CISPR, en meetmethoden werden behandeld. Sato en Echigo pasten een synthetische apperatuur techniek toe, om locale storingsbronnen nauwkeurig op te zoeken. Bridgwood vroeg zich af, wat de statistiek kan doen voor impulsen die zeldzaam voorkomen. Ma en Bensema behandelen de onbedoelde straling van kleine electronische apparaten. Opstelling in het midden van een TEM cel geeft voldoende meetresultaten voor dit doel. Kanda behandelde de complexe omgeving met vele bronnen op allerlei frequenties. Bandemer gebruikte acousto-optische Bragg cellen, om brede band signalen te analyseren. De eerste Bragg cel heeft een bandbreedte van 500 MHz. Men maakt een tweedimensionaal spectogram (tijd--frequentie). De frequentie resolutie is 1.3 MHz. De tijd resolutie 1 usec.

Spaulding organiseerde een zitting over: "Communicatie systemen in natuurlijke en door mensen gemaakte ruis". Herman sprak over de fouten patronen en de efficiency van Hamming codes in niet-gaussische ruis. Simulatie resultaten. De niet-gaussische ruis was een opname van atmosferische ruis. In gaussische ruis voldeed de Hamming code goed, maar niet in atmosferische ruis. Stumpers sprak over Impulsieve storingen en uitsmerende filters. Hij behandelde de klassieke methodes "gaatjes prikken", clippen, eerste en tweede orde "blanking". (bij "blanking" wordt de puls onderdrukt, maar men houdt de waarde vast, die voor de puls bestond, en bij tweede orde blanking houdt men de afgeleide vast). Widrow onderdrukte ruis adaptief, dit gaat goed als de bron apart aanwezig is, bijv. bij storing door een andere zender. Storing door vliegtuiglawaai wordt onderdrukt door een microfoon bij de bron van het lawaai te plaatsen. Storing van de waarneming van de hartslag van een foetus, door de hartslag van de moeder, door de laatste direct waar te nemen, en het gecorreleerde deel af te trekken, enz. Wainwright gebruikte een lineaire bewerking op het signaal voor de impuls ruis wordt toegevoegd, en de inverse bewerking in de ontvanger. Bij de inverse bewerking wordt de energie van de ruis over een groter tijdinterval uitgesmeerd. Hij gebruikte zend en ontvang filters met complementaire vertraging-tegen-frequentie karakteristiek. Het verschil in tijdsvertraging tussen 500 en 300 Hz was 7.5 ms. Al-Araji en Abdullah selecteerden drie frequentiebanden: 325-575 Hz, 950-1200 Hz en 1875-2125 Hz. Deze banden werden resp. vertraagd met 0, 4 en 8 ms met digitale vertragingslijnen. In de ontvanger werden de omgekeerde vertragingen toegepast. Dat leverde, ook experimenteel, een verbetering van 16dB in piek-piek ruisverhouding. Beenker, Claasen en van Gerwen gebruikten digitale filters, en tijds-domein beschouwingen. Zij gingen uit van ideale pulsen. Bergmans breidde deze methode uit tot een beschouwing van reëele pulsen, zoals ze in het nederlands telefoonnet werden waargenomen. Hij nam daarvoor een gemiddelde van voorkomende impulsstoringen, en smeerde die in de ontvanger zo goed mogelijk uit. Men heeft vrij lange filters nodig (lengte 400 a 500 taps). Weiss sprak over robuste digitale communicatie in niet-gaussische ruis. Hij is van mening, dat een zachte limiter de minimax nonlinearity is ook voor M-aire nietcoherente communicatie. Bouvet modelleerde niet-gaussische ruis. als de som van een gaussische ruis en een ruis met een meer impulsief karakter. De beste ontvanger werk karakteristiek werd gevonden met behulp van Monte-Carlo simulatie. Men krijgt aldus een belangrijk beter resultaat, dan met een aangepast filter (wat voor gaussische ruis het beste zou zijn). Spaulding behandelde klasse A ruis, die ontstaat uit smalbandige signalen,of ook uit coherente puls structuren. Voor kleine signalen is de locaal optimale Bayes detector het best. Dit was ook bekend uit eerder werk van Spaulding en Middleton. Voor grotere signalen wordt deze detector snel en onacceptabel slecht. Dit probleem is overwonnen met de ontwikkeling van een "goede" non-parametrische detector, en een "goede" suboptimale niet-lineariteit. Maras heeft eerder werk van Middleton en Spaulding uitgebreid. Terwijl deze auteurs onafhankelijke niet-gaussische ruis in aanmerking namen, heeft hij het resultaat uitgebreid voor afhankelijke niet-gaussische ruis, waarbij de afhankelijkheid gemodelleerd is door een bewegend-gemiddelde model. Het bleek mogelijk gunstiger resultaten te bereiken, dan voor het onafhankelijke ruis model het geval was, en wel zonder de detector structureel complexer te maken.

Met het voorafgaande hoop ik een beeld gegeven te hebben van het onderzoek, dat in Commissie E van URSI aan de orde komt. Een grotere volledigheid was in de beschikbare tijd en ruimte niet mogelijk.

Voordracht gehouden tijdens de 354e werkvergadering.

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(350ste werkvergadering)

UITNODIGING

voor een excursie op **dinsdag 24 maart 1987** naar **Hollandse Signaalapparaten B.V., Zuidelijke Havenweg 40, Hengelo. (Ov.).**

PROGRAMMA

10.00 uur: Aankomst en welkom in het presentatiecentrum door **DRS. P. J. A. Starrenburg**, Hoofd Sociale Zaken;

Introduktie Signaal door
Mevr. M. UNTERHORST, Public Relations;

Signaalfilm "A better Performance".

11.15 uur: "SMART", een modern radarsysteem,
L. J. KLAVER, PROJEKTENAFDELING.

12.00 uur: Huidige ontwikkelingen t. b. v. digitale kaart,
C. J. NELISSEN, ONTWERPAFDELING.

12.45 uur: Lunch in "De Zegger".

14.00 uur: Rondleiding door het bedrijf,
IR. G. H. KRIJGSMAN.

16.00 uur: Discussie + borrel in "De Zegger".

Aanmelding kan **alleen** geschieden door inzending van de aangehechte kaart gefrankeerd met een postzegel van **55 cent**.De aanmelding dient vóór 15 maart ingezonden te worden. Vanwege het speciale karakter van de werkvergadering is het aantal deelnemers beperkt tot 25. Registratie in volgorde van aanmelding. Deelnemers krijgen telefonisch bevestiging van deelname. Bij een ruime overtekening zal eventueel een 2e excursie kunnen worden georganiseerd.
Wij hopen u te mogen verwelkomen op deze vergadering.

Namens het NERG Bestuur,
DR. IR. A. J. VINCK, programma commissaris.
Tel. 040 - 473672.

Eindhoven, februari 1987.

INTERFERENCE REDUCTION TECHNIQUES

ir. P.M.J. Scheeren

Technische Universiteit Eindhoven

The problem of transhorizon interference from terrestrial stations into satellite earth stations is studied by the European COST 210 project. Possible techniques for the reduction of this type of interference are also studied by this project, and this paper describes the results achieved in this area during the first three years of the project.

1. INTRODUCTION

Interference between radio communication systems, caused by transhorizon propagation, is addressed in the international frequency-sharing procedures as laid down in the ITU Radio Regulations (ITU, 1982). The European COST 210 project (COST, 1985) has been set up to improve the existing transhorizon propagation models, in order to reduce the critical areas enclosed by the coordination contours. However, apart from the investigations of the dominant transhorizon propagation mechanisms, carried out by two Working Groups (WG1 & 2) of the COST 210 project (Hall, 1987; Ochs, 1987), it was considered useful to include in this project also the study of interference reduction techniques and their potential consequences. Interference reduction techniques can be essential for successful coordination and have significant consequences for future recommendations on interference protection.

In the COST 210 project these techniques are studied by WG3. Originally, site shielding was the only topic in this WG, but later it was felt useful to include also some other topics for study, as long as these are related to radio-propagation effects.

The general objective of WG3 can be formulated as: "The study of the application and effectiveness of existing and possibly new techniques for reduction of transhorizon interference in radio communication systems".

This general objective can be split up into several items:

a. Determination of the nature of the interfering signals, i.e., determination of the most important characteristics of different kinds of interfering signals.

b. Review of existing interference reduction techniques, by inspection of the literature, and possibly proposing new techniques.

c. Investigations, theoretical as well as experimental, of the effectiveness of interference reduction techniques applied in specific situations.

d. Recommendations for the use of interference reduction techniques in specific practical situations.

Starting points for the investigations of WG3 are existing data and models, which are collected and reevaluated on their usefulness, as well as possible forthcoming data from the COST 210 clear-air or hydrometeor-scatter experiments (studied by WG's 1 and 2, respectively). These data and models serve as a basis for theoretical investigations and modelling work. New experiments for WG3 have less priority compared to the work in WG's 1 and 2. Experiments for interference

reduction techniques do not have to involve statistical studies during several years, but relatively simple, short-term measurements are often sufficient to investigate the effectiveness of these techniques. Furthermore, experimental input can sometimes be obtained as a spin-off from the clear-air or hydrometeor-scatter experiments of WG's 1 and 2, thereby gaining maximum benefit from these experiments.

2. CHARACTERISTICS OF TRANSHORIZON INTERFERENCE SIGNALS

Before examining in detail the interference reduction techniques, it is useful to determine the nature of the interfering signals to be reduced. Detailed investigations are carried out by WG's 1 and 2 of the project, but in relation with interference reduction techniques some specific characteristics of the interfering signals are of interest:

- angle of arrival;
- height-gain pattern;
- rate of change.

The relations between these characteristics and the interference reduction techniques will become clear in the course of this paper.

2.1. Angle of arrival

The angle of arrival of clear-air transhorizon interference into an earth-station antenna, relative to the main-beam direction, is normally relatively large, except possibly for low-elevation antennas. The interference is then received via a wide-angle sidelobe and has a clear angular separation from the wanted signal (fig. 1). However, interference by hydrometeor scatter can be received via the main beam of the earth-station antenna (fig. 1), in which case there is no angular separation from the wanted signal. It follows that interference from this mechanism is more difficult to combat than clear-air interference.

2.2. Height-gain pattern

Knowledge of height-gain patterns of transhorizon interference can be important for the application of site shielding, see sec. 5. Some information on this topic is supplied by the dual-height experiments in the WG1 clear-air measurement networks (Hall, 1987).

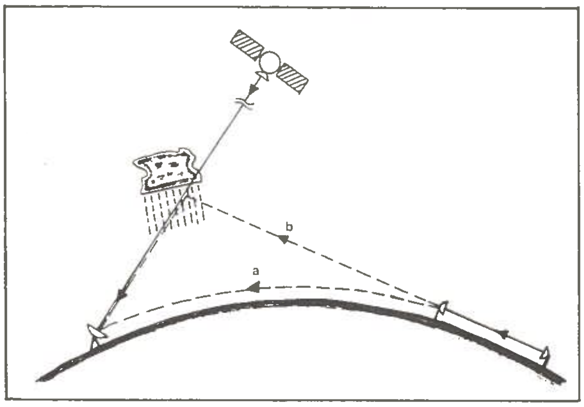


Fig. 1. Transhorizon interference from a terrestrial radio-relay link into a satellite-earth link.
a) clear-air interference,
b) rain-scatter interference.

2.3. Rate of change

The rate of change of transhorizon signals has been examined in some detail for several propagation mechanisms, using existing data as well as new data from the WG1 and WG2 experiments.

Fig. 2 shows some typical chart recordings from an

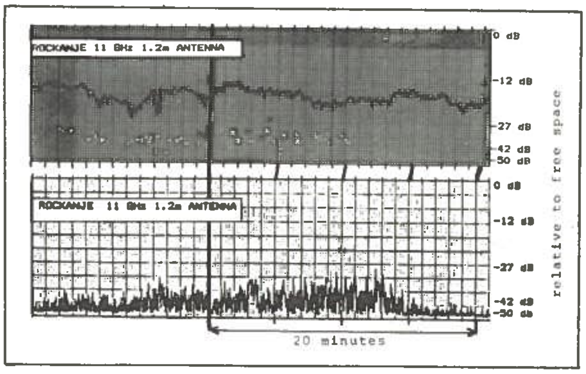


Fig. 2. Chart recordings from ducting events observed on a 200 km 11 GHz over-sea path. (Courtesy: British Telecom Research Laboratories).

11 GHz clear-air experiment on a 200 km sea path. The high ducting levels can be seen to be very stable, whereas the lower levels show more rapidly varying signals.

Similar results are shown in fig. 3 for a 115 km 1.3 GHz land path. Here, the lowest levels are due to tropospheric forward scatter and show much faster signal variations than the higher "ducting" levels.

For hydrometeor-scatter signals the variations are still faster. A typical rain-scatter spectrum, observed on a 16 km land path at 20 GHz, is shown in fig. 4. It contains fading frequencies up to a few hundred Hz.

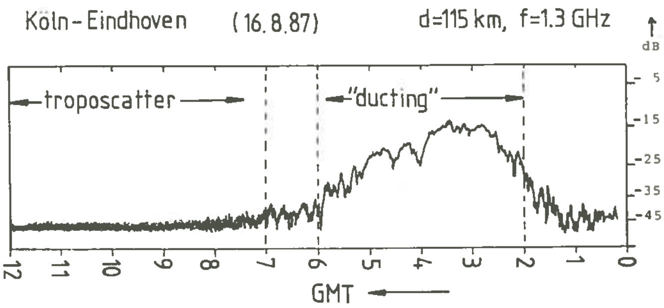


Fig. 3. Chart recordings from ducting and troposcatter signals observed on a 115 km 1.3 GHz over-land path.

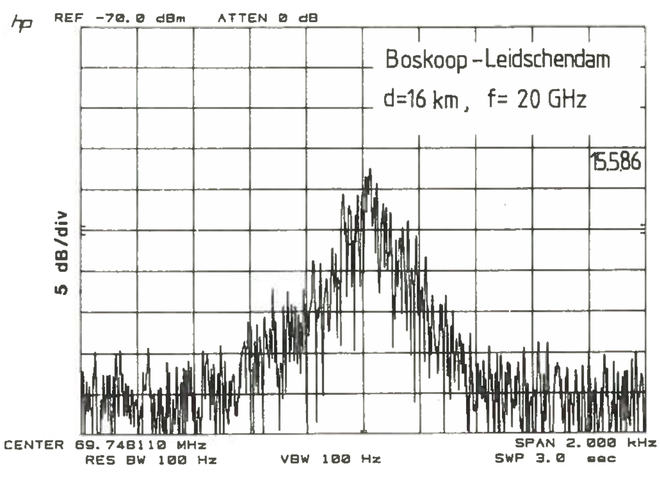


Fig. 4. Spectrum of a rain-scatter signal observed on a 16 km 20 GHz land path. (Courtesy: Dr. Neher Laboratories of the Netherlands PTT).

A 12 GHz link over a 210 km path in the Rhine valley offered an opportunity to observe all the three propagation mechanisms mentioned above. Ducting events appeared on this link with high levels and slow fading. To learn on the fast fading frequencies of troposcatter and rain scatter, a number of autocorrelation functions of the received signal were determined. Typical examples are shown in fig. 5. From the temporal widths of these curves, mean fading frequencies could be determined for troposcatter (about 1 Hz) and rain-scatter (above 20 Hz) signals.

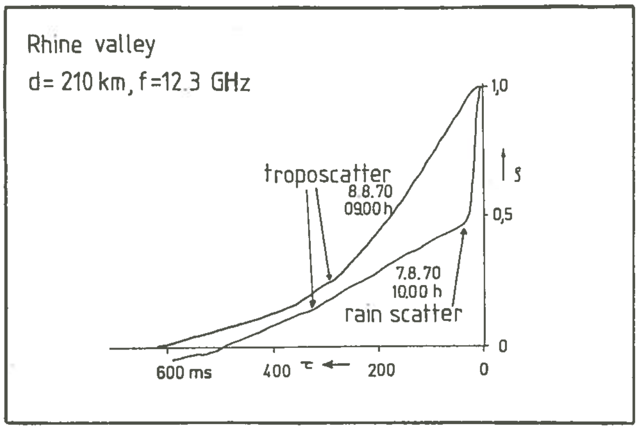


Fig. 5. Autocorrelation functions from troposcatter and rain-scatter signals observed on a 210 km 12.3 GHz path in the Rhine valley (Courtesy: FTZ, research institute of the German PTT).

It can be concluded that, with regard to the rate of change, transhorizon interfering signals can be classified into three categories:

- stable signals, with rates of change less than 1 dB/sec;
- troposcatter signals, with fading frequencies in the order of 1 Hz;
- hydrometeor-scatter signals, with fading frequencies greater than 10 Hz.

It has been recognised that during transitions between different propagation mechanisms intermediate fading frequencies are also possible.

3. REVIEW OF INTERFERENCE REDUCTION TECHNIQUES

Consider the schematic, simplified interference scenario (with only one interferer) as sketched in fig. 6. For the evaluation of the performance of the interfered-with communication system we can use the symbolic formula

$$Q_{out} = (\frac{S}{I})_{out} = \frac{EIRP(w)}{EIRP(i)} G_{proc}(w) G_{mod}(w) \frac{G_t(w)}{G_t(i)} \cdot$$
$$\cdot \frac{L(i)}{L(w)} \frac{G_r(w)}{G_r(i)} G_{filt}(w) G_{demod}(w).$$

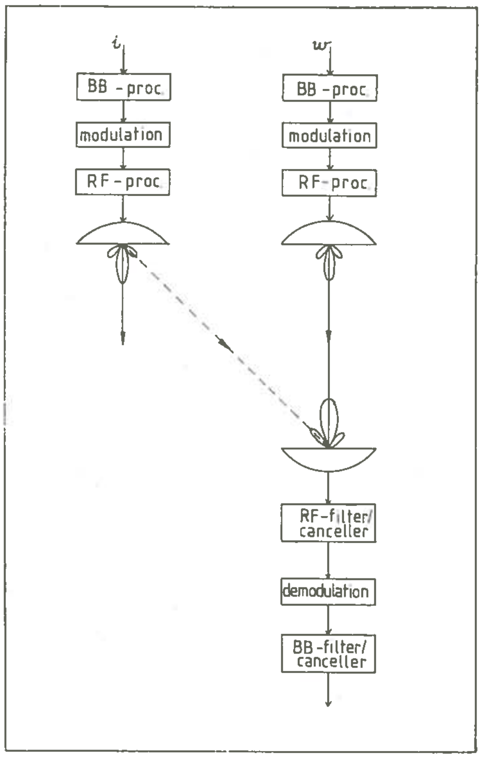


Fig. 6. General interference scenario, assuming one interferer.
w = wanted baseband signal, i = interfering signal (baseband),
BB = baseband frequency, RF = radio frequency.

Here, "w" and "i" denote wanted and interfering signals, respectively, and the other symbols are explained below.

Q_{out} = a suitable measure of the quality of the output signal;

$(S/I)_{out}$ = signal-to-interference ratio of the output signal;

EIRP = effectively isotropically radiated power

G_{mod} = gain in $(S/I)_{out}$ due to the improved modulation techniques;

G_{proc} = gain in $(S/I)_{out}$ due to processing of the wanted and interfering signals (either at baseband or at RF);

G_t = transmitter antenna gain;

G_r = receiver antenna gain;

L = basic transmission loss;

G_{filt} = gain in $(S/I)_{out}$ due to filtering or interference cancellation (either at baseband or at RF);

G_{demod} = gain in $(S/I)_{out}$ due to an improved demodulator structure.

From this formula it follows that the following interference reduction techniques may be distinguished:

* at the transmitter:
  - signal processing;
  - improved modulation sysems;
  - antenna-sidelobe suppression;
* at the receiver:
  - antenna-sidelobe suppression;
  - selective filters and other cancellation techniques;
  - improved demodulator structures;
* on the unwanted propagation path:
  - site shielding.

Most of these techniques are based on the assumption that the wanted and interfering signals are seen by the receiver antenna in different directions. As discussed in sec. 2.1, this assumption will normally hold for clear-air interference, but not for hydrometeor-scatter interference received via the main beam.

From these interference reduction techniques the following topics relating to (transhorizon) radio propagation have been selected for consideration by COST 210 WG3:

1. Sidelobe suppression (in receiving earth-station antennas);
2. Interference-cancellation networks;

3. Site shielding, including obstacle scatter.

In the first topic the main question is to what extend possible sidelobe suppression techniques are limited by the propagation characteristics of the interfering signals. However, this topic has not yet received much attention from the Working Group and will not be discussed in this paper. The second topic has received more attention and is discussed in some detail in sec. 4, whereas the third topic has received most attention from the group and will be discussed in more detail in sec. 5.

4. INTERFERENCE-CANCELLATION NETWORKS

Interference-cancellation networks are a powerful tool in combatting strong terrestrial interference into earth stations (CCIR, Rep. 830, 1986). They make use of an auxiliary source (most often a second, small antenna), from which a replica of the interference is obtained. After proper signal processing, this signal is subtracted from the total (wanted plus interfering) signal coming from the main antenna, see fig. 7. The subtraction can be executed at RF (CCIR, Rep. 830, 1986; White, 1975),at IF or at baseband (Pontano, 1980). To account for the possible amplitude and phase variations in the interfering signal, the system has to be adaptive in order to be used in practice.

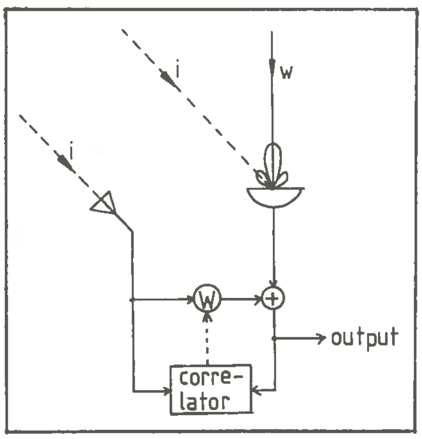


Fig. 7. Basic principle of adaptive interference cancellation.
w = wanted signal, i = interference.

A well-known practical realisation of such a system is the Goonhilly earth station in the UK (White, 1975). The system can be very flexible, and is able to cancel a variety of non-simultaneous interfering signals by manual readjustment of the auxiliary antenna. However, it is often rather complicated and thus expensive.

Some important limitations have been found in the application of this technique. Firstly, every interferer requires a separate network and auxiliary antenna, so the number of simultaneous interferers must be small. For the same reason, the system will not work if the interference from one source is received from several directions simultaneously. Secondly, the application of these techniques might be limited by their dynamic behaviour, in relation with the rate of change of the interfering signals. For some mechanisms this rate of change might be too high (see sec. 2.3) to allow proper operation of the adaptive cancellation network. This point deserves further study, but lies somewhat outside the scope of the COST 210 project.

5. SITE SHIELDING

5.1. Introduction

Site shielding can be employed to protect earth stations against clear-air interference from terrestrial stations. The shielding medium can be either natural or man-made. The possibilities include the following techniques (Gould, 1977):

a) Hills are very often used as a natural site shielding obstacle and can provide excellent shielding, but are unfortunately often not available for protection of an earth station.

b) Vegetation is another natural shielding medium, which can provide an (estimated) protection of 10-40 dB, depending on the situation. Because of this great variability of shielding effectiveness, actual measurements of the specific attenuation are necessary.

c) Embankments and pits can provide 25-30 dB of shielding (Lucia, 1970), but require a considerable area and are therefore rather expensive.

d) Buildings can give a protection varying from very low (~ 5 dB) to very high (~ 30 dB estimated), depending on the actual situation. Modelling of urban locations is very difficult and actual measurements of the specific situation is necessary, because every situation is unique due to neighbouring structures.

e) Fences can provide up to 40 dB of isolation, "simple" fences (mesh of 0.1 λ) still up to 25 dB. The possible isolation is limited by diffraction effects across the (top) edges of a fence, which can be reduced by rounding the edges.
Fences should be located close to one end of the propagation path and are often used in combination with shielding buildings.

f) Screens (CCIR, Rep. 831, 1986) can either be installed at a given distance from the antenna to be protected, or mounted on it. Care must be taken that scattering at the edges of the screens does not cause interference in other directions.

For the COST 210 project, shielding in urban areas is of main interest to the group, although other shielding obstacles are considered as well.

In general, the protection afforded by shielding is limited by diffraction at the edges of the obstacle and scattering from other (nearby) obstacles. Several theoretical models for these mechanisms are described in the literature for simple well-defined situations. It is recognised that modelling of practical situations is, in general, very difficult, especially in urban areas.

5.2. Diffraction models

For the calculation of the site-shielding factor (SSF) of a knife-edge ridge protecting an earth-station antenna against terrestrial interference, the CCIR (CCIR, Rep. 715-2 and Rep. 390-5, 1986) uses a simple, two-dimensional model (fig. 8):

$$SSF = 13 + 20 \log v + 25 \log(1-\theta/\alpha),$$

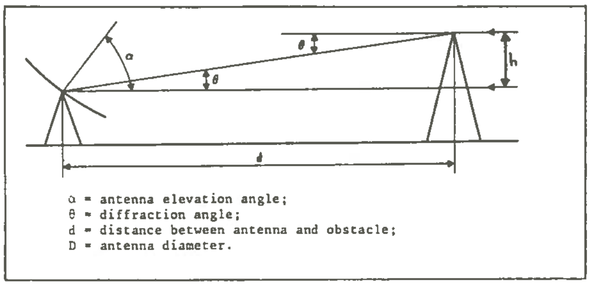


Fig. 8. CCIR site-shielding model.

where

$v = \sqrt{2h\theta/\lambda}$,

α = antenna elevation angle,

θ = diffraction angle,

h = height difference between obstacle top and antenna centre,

λ = wavelength,

d = distance between antenna and obstacle,

D = antenna diameter.

The application of this model is limited to situations where (Streete, 1974; Dalgleish, 1975):

a) $(\alpha-\theta) > 2^{\circ}$ (wide angle interference);

b) $0.5^{\circ} < \theta < 10^{\circ}$ (limited diffraction angles);

c) $h > 1.5\ D$ (obstacle top well above antenna top);

d) $d > D^2/2\lambda$ (obstacle in far field of antenna).

However, a closer examination of this model reveals that it is based also on the following assumptions:

e) the antenna pattern follows the CCIR reference radiation pattern (CCIR, Rep. 390-5, 1986):
$G(\alpha) = 32 - 25 \log \alpha$;

f) the antenna can be treated as a point source;

g) the azimuths of antenna and interference are equal;

h) the polarisations of antenna and interference are equal;

i) the obstacle is a perfectly conducting knife-edge;

j) the incident interference is a plane wave.

Some of these assumptions imply a "worst-case" approach of the interference problem, others have been made for simplicity only. However, the main weakness of the CCIR model is believed to be the "far-field" criterion (item d). Furthermore, the assumption of plane-wave incidence

(item j) will possibly not hold for transhorizon interference. Here is the point where information on the height-gain patterns is needed, as mentioned in sec. 2.2.

A proposal for a new site-shielding model, which overcomes most of the limitations a-j, is currently being investigated.

5.3. Obstacle scatter

Althouth not directly elements of interference reduction techniques, the problems of propagation by scatter from buildings, terrain and (possibly) aircraft (see fig. 9) are closely related to the site-shielding problem and may become important limitations to shielding protection, especially in urban areas. Only some preliminary work has been done in this area by the COST 210 project. Some older results of work have been made available to the group, indicating the problems related to obstacle scatter. First attempts to model this mechanism have been made in the USA (Giger, 1983; Giger, 1987), but modelling is in general very difficult because three-dimensional geometries are involved.

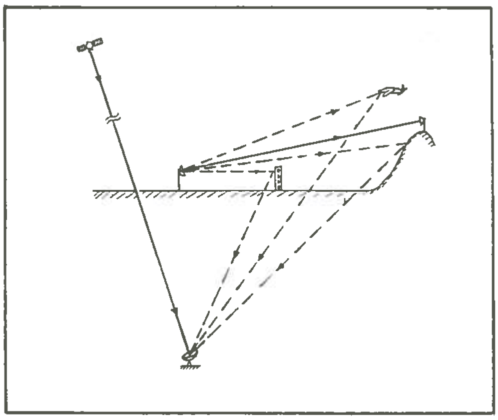


Fig. 9. Unwanted scatter from buildings, terrain and aircrafts.

5.4. Experimental data

Some older experimental site-shielding data have been made available to the Working Group. An example is shown in fig. 10, illustrating the shortcomings of the CCIR diffraction model when the obstacle is situated in the near field of the antenna. Other experimental data can be supplied by some clear-air experiments in the WG1 measurement networks, where two receivers, monitoring the same transmitter, are situated on different sides of an obstacle (or an urban area). Some new experiments are also being set up, intended for measuring specific aspects of the site-shielding problem. Although these new experiments have not received priority in the work of COST 210, some promising measurements are now being planned or executed.

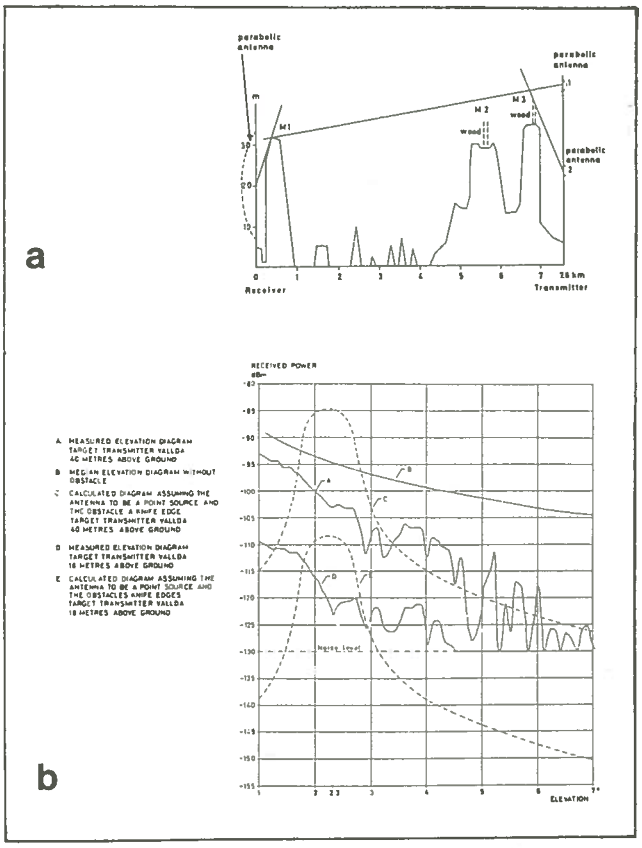


Fig. 10. Site shielding in the near field of an antenna.

a) Path profile of the experiments.

b) Received power vs antenna elevation angle, measured and predicted results (predictions based on the CCIR site-shielding model).

(Courtesy: Swedish Telecommunications).

6. CONCLUSION

The study of interference reduction techniques contains various aspects. Some of these aspects have been briefly discussed in the context of the COST 210 project. The aspects related to radio propagation receive most attention from the project. The main results are therefore to be expected in site shielding and related areas. The progress on this topic is promising for the future. In the other areas, only indications of the problems, more than solutions, are to be expected, with emphasis on those aspects which are related to transhorizon-propagation effects.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

The present paper describes some personal opinions of the author, but the work on which it is based has been performed by many institutions participating in the COST 210 project. The author would like to thank all colleagues who have contributed to the project, in particular those who have supplied the experimental results published in this paper.

8. REFERENCES

CCIR, Plenary Assembly, "Earth-station antennas for the fixed-satellite service", *Recommendations and Reports of the CCIR*, vol. IV, Rep. 390-5, Geneva, 1986.

CCIR, Plenary Assembly, "Propagation by diffraction", *Recommendations and Reports of the CCIR*, vol V, Rep. 715-2, Geneva, 1986.

CCIR, Plenary Assembly, "Use of interference cancellers in order to increase spectrum usage", *Recommendations and Reports of the CCIR*, vol. I, Rep. 830, Geneva, 1986.

CCIR, Plenary Assembly, "Use of spherical screens to improve interference immunity in radio links", *Recommendations and Reports of the CCIR*, vol I, Rep. 831, Geneva, 1986.

COST, Secretariat, "*COST project 210, first annual report*", EUCO-TELE/-210/4/85, Brussels, 1985.

D.I. Dalgleish, "The influence of interference on the siting of earth stations", *IEE Conf. Publ.* 126, Satt. Comm. Syst. Techn., 1975.

A.J. Giger and J. Shapira, "Interference caused by ground scattering in terrestrial microwave radio systems", *IEEE Intern. Conf. Comm.*, 1983.

A.J. Giger, "Interference caused by ground and building scattering", *URSI General Assembly*, Tel Aviv, 1987, session F2, paper 4b.

R.G. Gould and C. Schmitt, "Interference reduction techniques for satellite earth stations", *IEEE Electromagn. Comp. Conf.*, Montreux, 1977.

M.P.M. Hall, "Clear-air propagation aspects of interference prediction", *URSI General Assembly*, Tel Aviv, 1987, session F2, paper 1.

ITU, "*Radio Regulations*", Geneva, 1982.

E.F. Lucia jr., "Artificial site shielding for communications satellite earth stations", *IEEE Trans. AES*, vol. AES-6, nr. 5, 1970.

A. Ochs, "Hydrometeor-scatter aspects of interference prediction", *URSI General Assembly*, Tel Aviv, 1987, session 2, paper 2.

B.A. Pontano, "A method of baseband interference cancellation for angle-modulated carriers", *IEEE Electromagn. Comp. Conf.*, Baltimore, 1980.

B.A. Pontano, "Methods of interference cancellation for improved orbit and spectrum utilization", *Conf. Rcd. NTC*, Houston, 1980.

M.A. Streete and D.H. Shinn, "Site shielding for earth-station antennas", *Electron. Lett.*, vol. 10, no. 8, 1974.

N. White et.al., "The application of interference cancellation to an earth station", *IEE Conf. Publ.* 126, Satt. Comm. Syst. Techn., 1975.

Voordracht gehouden tijdens de 354e werkvergadering.

ONTVANGER ONTWIKKELINGEN VOOR DE JAMES CLERK MAXWELL TELESCOPE (JCMT)

A. van Ardenne

Radiosterrenwacht Dwingeloo en Ruimte Onderzoek Groningen
Postbus 2 Postbus 800
7990 AA Dwingeloo 9700 AV Groningen

Receiver Developments for the James Clerk Maxwell (sub)mm Telescope

The main characteristics of the recently inaugurated JCMT operating under trilateral agreement of the UK, Canadian and Netherlands Research Councils, is presented. Presently available common-user instrumentation and near future extensions are presented together with possible long term plans for new instruments.

Inleiding

De James Clerk Maxwell Telescope (JCMT) op de 4200 m hoge berg Mauna Kea (Hawaï) werd in april van dit jaar officieel geopend. De JCMT met een diameter van 15 meter, behoort tot één van de grootste van een nieuwe generatie (sub)millimeter radioteleskopen tezamen met een compagnon op Hawaï (de Caltech 10 m spiegel) en de 15 m teleskopen op La Silla (Chili) en op het Plateau de Bure bij Grenoble in Frankrijk.

De JCMT werd ontworpen en gebouwd als een gezamenlijk Brits/Nederlands project. Het is een waarneeminstrument ten behoeve van de astronomische gemeenschappen in Nederland, Canada en Engeland.
Na een inloop periode zal het optimaal geschikt zijn voor waarnemingen in het gebied van 100 tot 500 GHz en bruikbaar tot wellicht 900 GHz. Het beschikbare frequentiegebied van bestaande of geplande ontvangers overlapt alle atmospherische vensters die vanaf de aarde toegankelijk zijn, tot zo'n 350 μm golflengte.

De teleskoop ontvangt o.a. moleculaire lijnstraling van een breed scala van moleculen in dichte gebieden van interstellair gas waar stervorming plaatsvindt. Deze gebieden zijn ondoorzichtig op optische golflengtes zodat (sub)millimeter waarnemingen belangrijke konklusies kunnen opleveren over de heersende fysische kondities en over de chemische evolutie van het materiaal waarvan sterren gevormd worden.

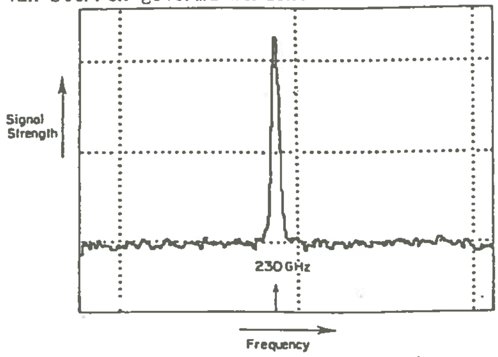


Fig. 1: Spectrale lijn van koolmonoxide (J→3-2, CO) op 230 GHz in de Orion Nevel.

Figuur 1 toont een voorbeeld van een moleculaire lijn op 230 GHz zoals deze voor het eerst met de JCMT in December 1986 werd waargenomen.
Behalve lijnstraling kan ook continuum straling zonder individuele spectrale komponenten worden ontvangen. Deze kan afkomstig zijn van stofwolken waarin jonge sterren en hun voorgangers, de protosterren worden gevormd maar ook van de veel verder weg gelegen kernen van aktieve melkwegstelsels, zoals quasars. Hiermee wordt informatie verkregen over hun energiehuishouding en andere extreme fysische kondities in deze kernen.

Andere onderzoeksgebieden die met de JCMT waarnemingen worden ondersteund, betreffen de variaties in de z.g.n. 3 K microgolf achtergrond straling; een overblijfsel uit de eerste fase van het heelal.

Aan verwerkelijking van de in de zeventiger jaren in Engeland ontstane wens voor een mm-teleskoop, kon pas worden gedacht toen rond 1981 de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.) op 20% basis besloot deel te nemen aan de plannen van de Britse Science and Engineering Research Council (SERC). Het ontwerp en de verantwoordelijkheid voor de bouw lagen bij de Britse Rutherford Appleton Laboratories (RAL). Assistentie werd verleend door een aantal Britse en Nederlandse universiteiten en groepen zoals bijvoorbeeld de Radiosterrenwacht Dwingeloo die een dienstverlenende taak vervuld binnen de Nederlandse astronomie.
Na de feitelijke bouw van de teleskoop en het opzetten van een instituut op zee niveau in Hilo, Hawaï van waaruit de dagelijkse operaties worden geleid, is het bilaterale verband vlak vóór de opening omgezet in een trilaterale overeenkomst waarbij het Canadese Nationale Research Council (NRC) ook betrokken raakte bij de JCMT.

In de huidige operationele fase van de JCMT draagt de Royal Observatory of Edinburgh (ROE) de verantwoordelijkheid.

Nadat aanvankelijk een teleskoop lokatie op de Canarische eilanden serieus was overwogen is

uiteindelijk vanwege gunstiger atmospherische kondities Mauna Kea geprefereerd. Om de logistieke problemen vanwege de grote afstand te minimaliseren was al in een vroeg stadium van het projekt besloten tot een modulaire aanpak met een hoog niveau van standaardizering en automatisering. Bovendien moesten de astronomische instrumenten als 'common-user' instrumenten geleverd worden d.w.z. ten behoeve van de gebruikersgroep zonder aanwezigheid van de bouwer(s). In een later stadium, zullen waarnemingen kunnen worden uitgevoerd met gebruikmaking van openbare telefoon en data transport verbindingen zonder dat zelfs de gebruiker aanwezig hoeft te zijn. Wel blijft de aanwezigheid van een teleskoop operateur noodzakelijk.

Om de wetenschappelijke doelstellingen tijdens de duur van het projekt te bewaken en deze te vertalen in specificaties voor state-of-the-art instrumentatie, werd RAL bijgestaan door een uit Engeland afkomstige Project Scientist. De Users Group formuleerde de instrumentele prioriteiten en wenselijkheden zoals het frequentiegebied of astronomische lijnen die moesten kunnen worden waargenomen. De Receiver Working Group (RWG) was zowel verantwoordelijk voor de aktuele implementatie van de geselekteerde 'Commissioning' en 'Day-One' instrumenten als voor het ontwerp en uitvoering van de relevante infrastructuur op de teleskoop. Al in een eerder stadium waren Research and Development (R&D) pakketten over vooral kleinere universitaire groepen verdeeld die op deze wijze "voorwerk" konden doen als bijdrage aan het instrumentenpark.

Uiteindelijk zijn de "common-user" instrumenten door universiteiten en grotere konstruktie groepen als de Radiosterrewacht Dwingeloo geleverd.

De teleskoop

Nederland leverde een prachtige industriële bijdrage aan de JCMT nml. de teleskoop die door het in IJmuiden gevestigde bedrijf Genius B.V. werd gebouwd.
De teleskoop is een Cassegrain type in een alt-azimuth opstelling en heeft een 15 meter parabolische spiegel als primaire reflektor en een 75 cm hyperboloide als secundaire spiegel. Het oppervlak van de primaire bestaat uit 276 lichtgewicht aluminium panelen met honingraat struktuur op een gelast buizenframe dat zowel op zichzelf als bij wijziging van de elevatie hoek zo goed mogelijk en parabolische vorm behoudt (homologisch ontwerp). Afwijkingen van het reflekterend oppervlak met standaard deviatie ε t.o.v. de best fit parabool veroorzaken snel rendements verlies verlopend als $\exp - (4\pi\varepsilon/\lambda)^2$ agv. de (random) fasefouten van de ontvangen straling na reflektie. De grootste mechanische uitdaging is dan ook geweest te voldoen aan de formele specifikatie nml. $\varepsilon<50$ micrometer onder alle operationele kondities. Dit maakt waarnemingen tot ca. 0,7 mm mogelijk maar gehoopt wordt op een oppervlak beter dan 35 µm. In dat geval kan tot een faktor twee kortere golflengte worden waargenomen. De individuele panelen hebben een oppervlakte fout kleiner dan 10-15 µm zodat de uitlijning ervan onder verschillende thermische en mechanische omstandigheden (elevatie hoek) het leeuwendeel van de overall nauwkeurigheid bepalen. Dit wordt in principe mogelijk gemaakt omdat elk paneel op drie punten wordt ondersteund door instelbare spindels aangedreven door computer gestuurde stappenmotoren.

De bundelbreedte van de teleskoop zoals wordt gegeven door ~λ/D is van de orde 10 boogsecondes op 0.8 mm (370 GHz), zodat de richtingsnauwkeurigheid bijzonder hoog moet zijn. Zie Tabel 1 waarin de belangrijkste JCMT krakteristieken zijn gegeven.

De beweging van de teleskoop in elevatie en azimuth wordt verzorgd door wrijvingsoverbrenging van hoogkoppel-gelijkstroommotoren.

De secondaire spiegel is beweegbaar in drie onderling loodrechte richtingen en kan trillen in het vlak loodrecht op de optische as. Dit verschaft de mogelijkheid door middel van op-de-bron/van-de-bron metingen, de achtergrond bijdrage af te trekken.

Teleskoop:	(Sub) mm Radio Teleskoop Cassegrain focus Alt - Az montering
Hoofdspiegel:	Diameter = 15 m Focale lengte: 5.4 m Centrale opening Ø = 1 m 276 panelen, $\varepsilon_{opp} \lesssim$ 15 µm rms Rms overall $\lesssim$ 50 µm
Secondaire:	0.75 m diameter Focalelengte: 0.275 m
Equivalente paraboloide:	Focale lengte: 180.0 m f/12 openingshoek (half): 2.4°
Golflengte gebied:	Van λ = 4.-0.7 mm Wellicht bruikbaar tot λ = 0.35 mm
Bereik:	Azimuth: 0-450° Altitude: 5-89.5°
Gezichtsveld	6 boog min.
Positionering	Absoluut $\lesssim$ 5 boog sec Volgen $\lesssim$ 2 boog sec
Snelheid:	Bron - Bron 1°/sec
Rendement:	$\gtrsim$ 0.5 bij λ = 0.5 mm en langer
Behuizing: (wind/zon bescherming)	Meedraaiende behuizing ("Caroussel") Waarnemingen tot 80 km/h wind

Tabel 1: Belangrijkste JCMT karakteristieken.

De teleskoop wordt door een behuizing (Caroussel) van zo'n 28 m diameter en dezelfde hoogte, in kombinatie met een teflon membraam die tijdens de waarneming de

koepel vóór de teleskoop afsluit, beschermd tegen de invloed van wind en zon. Door de instraling tot zo'n 20% te reduceren, blijft de thermische vervorming van het teleskoop oppervlak binnen aanvaardbare grenzen. Het membraam is voor meer dan 90% transparant voor radiostraling en maakt waarnemingen met windsnelheden tot 80 km/h goed mogelijk. Bij hogere snelheden treden afsluitende deuren in werking.

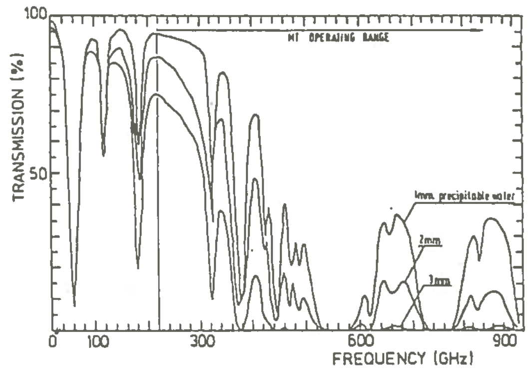


Fig. 2: Atmosferische transmissie van de ontvangen radiostraling in het (sub)millimeter gebied.

Op Mauna Kea zijn waarnemingen met minder dan 2 mm water langs de gezichtslijn (in Zenith) voor meer dan 60% van het jaar mogelijk. Deze geringe hoeveelheid water is een orde van grootte minder dan op zeeniveau en zo laag dat het absorberend effect van de te ontvangen straling (zie Figuur 2) is gereduceerd tot het niveau dat aardgebonden waarnemingen in dit golflengte gebied mogelijk worden. Desalniettemin is het duidelijk is dat op de kortste golflengtes de kwaliteit van de waarnemingen zeer sterk door de troposfeer bepaald kan worden.

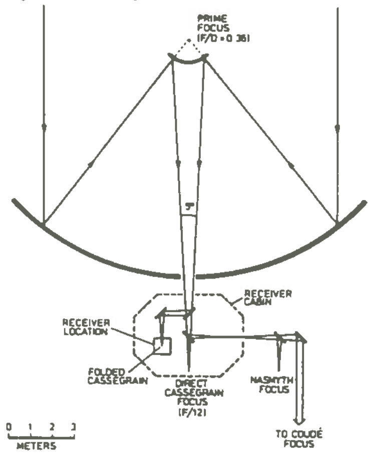


Fig. 3: De stralengang door de JCMT. Alleen het Cassegrain en het Nasmyth focus worden momenteel aktief gebruikt.

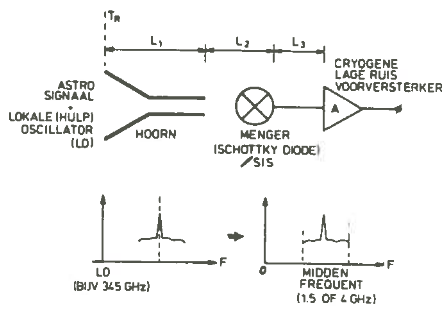
Om deze reden is in de teleskoop in het optische pad vóór de Cassegrain focus een instelbare tertiaire spiegel aangebracht zodat snelle omschakeling naar een geschikte ontvanger mogelijk is zodra de atmosferische kondities hiertoe aanleiding geven. De ontvangers zijn hiertoe rondom de optische as in de zgn. Receiver Cabin geplaatst. Zie Figuur 3.

Principes en ontvangers

De lijn- of continuumstraling wordt tot "verwerkbare" signalen omgezet in een ontvangstsysteem. Het eerste gedeelte hiervan bestaat uit gevoelige vaste stof detektors welke gekoeld zijn meestal vanaf ca. 20 K tot vloeibare Helium temperatuur (4,2 K) of lager.

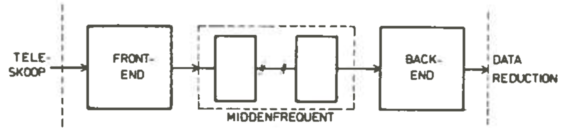
Ofschoon de principes van de gebruikte ontvanger systemen vrij eenvoudig zijn, is de praktische situatie ingewikkelder. De ontvangers voor de extreem zwakke signalen zijn op de gebruikte hoge frequenties moeilijk realiseerbaar zowel door de mechanische komplexiteit vanwege de kleine afmetingen, alswel vanwege de onderliggende fysische principes.

In de heterodyne systemen worden signalen van enkele honderden gigaherz met behulp van een lokale oscillator (LO), in een menger gereduceerd tot frequenties waarbij versterking eenvoudig kan plaatsvinden. Signaal wordt ingekoppeld via bijvoorbeeld een golfpijp hoorn waarbij de bundel van de antenne aan die hoorn is aangepast m.b.v. een lens. De gebruikte lage ruis transistor voorversterkers zijn om een optimale gevoeligheid te behalen, dicht bij de menger geplaatst en dienen daarom gekoeld te worden. De ontvanger konfiguratie is geïllustreerd in Figuur 4.



Figuur 4: Een basis front-end gedeelte. Frequency konversie vindt vaak plaats tot een midden frequentie band rondom 1.5 of 4 GHz met behoud van de signaal signatuur. L1, L2, L3, representeren verliezen.

In volgende systeemdelen vindt verdere versterking, filtering en signaalbewerking plaats om de spectra te kunnen bepalen. De belangrijkste systeemkomponenten zijn genoemd in het blokdiagram van Figuur 5. Het backend bestaat uit een filter bank of een acousto optische spectrograaf waarna detektie en integratie van individuele spektrale kanalen plaatsvindt. De bandbreedte per kanaal kan variëren van zo'n 0.1 - 1 MHz en de totale bandbreedte van 50 MHz tot ca. 1 GHz.



Figuur 5. Het basis heterodyne ontvangersysteem. Bij ontvangers met direkte detektie of menging naar video frequenties ontbreekt het middenfrequentie gedeelte.

De gevoeligheid van het ontvangstsysteem wordt voornamelijk bepaald door de ruisbijdragen van de ontvanger; de (equivalente) ontvanger ruistemperatuur T_r. Dit temperatuur concept is ontleend aan de Planckse stralingsrelatie waarvoor in de thermische limiet (i.c. lage foton energie $h\nu << kT$) overeenkomend met het Rayleigh-Jeans gedeelte, als goede benadering voor het ruisvermogen geldt: $P = kTB$

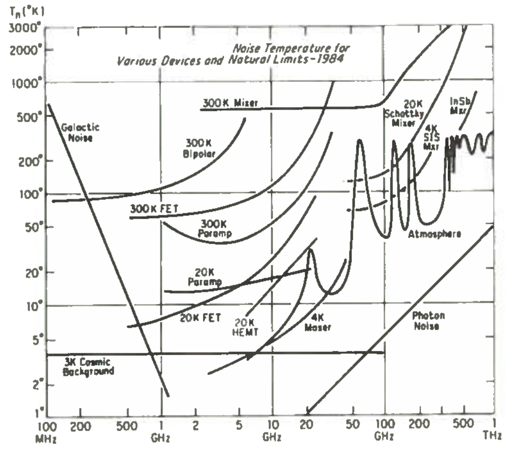
waarin: T de thermodynamische temperatuur voorstelt, B de bandbreedte en k de Bolzmann konstante.

Zelfs als de benadering minder goed opgaat is dit meestal geen bezwaar omdat uitgaande van het ruismogen, de equivalente temperatuur wordt gebruikt. Voor het heterodyne systeem van Figuur 5 is T_r:

$$T_r = L_1 \, (T_m + L_2 \, L_3 \, T_{IF}) \qquad (1)$$

waarin: L_1 = koppelings rendement van de ontvangen straling in gedeelte vóór de menger.
L_2 = konversie verlies van de menger
L_3 = koppelings en/of kabelverliezen tussen menger en voorversterker
T_m = equivalente ruistemperatuur menger
T_{IF} = equivalente ruistemperatuur voorversterker

Veel ontwikkelingswerk wordt gedaan om de intrinsieke bijdragen van de menger, nml. T_m en L_2, zowel als de ruisbijdrage van de voorversterker T_{IF} klein te houden. Het gebruik van gekoelde systemen reduceert meeestal behalve T_{IF} ook de bijdrage van L_1 en L_3.



Figuur 6: Ruistemperatuur van verschillende typen versterkers en mengers en natuurlijke grenzen.

Figuur 6 (samengesteld door Weinreb, 1984) toont de ruistemperatuurbijdragen voor diverse aktieve versterkerelementen en typen mengers zowel als een aantal 'natuurlijke' limieten waaronder de fundamentele foton ruis $T_p = h\nu/k$.

De gevoeligheid van het systeem, bepaald door de rms fluktuaties in het gedetekteerde signaal, is:

$$\Delta T = cT_s/(B_r \, \tau)^{\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

waarin: c = 1-2, afhankelijk van het detektie systeem
B_r = de resolutie bandbreedte
τ = integratie tijd
T_s = systeem temperatuur

Aan de systeemtemperatuur wordt vooral bijgedragen door T_r. Andere komponenten zijn afkomstig van de atmosfeer (zie figuur 6), de teleskoop (verliezen), de grondstraling (spill-over) en de bijdrage van de bron welke meestal veel kleiner is. Voor positieve detektie stelt men vaak dat de ontvangen straling tenminste op 3σ niveau moet liggen ofwel groter moet zijn dan $3\Delta T$ (S/N>3). Als voorbeeld het volgende: voor een redelijke sterke bron op 350 GHz kan de flux S_B van de orde 100 Jansky zijn(1 Jy = 10^{-26}W/m² Hz) en is T_s van de orde 1000 K (zie Figuur 6). Met een effektief teleskoopoppervlak $A_e \sim 100$m², is de geassocieerde ruistemperatuur: $T_B = S_B A_e/2k = 3.6$ K zodat m.b.v. (2) voor een spectrale resolutie bandbreedte van 1 MHz, de minimale integratietijd enkele secondes bedraagt. De meeste bronnen zijn echter zwakker dan 100 Jansky en de waarneemtijd zal snel stijgen tenzij T_s daalt. De praktische limiet zal in ons voorbeeld liggen bij bronnen van de orde 3-10 Jansky (τ = 100-1000 sec). Om dit te kunnen halen moet overigens al de fluktuerende bijdrage van (vooral) de atmosfeer worden geminimaliseerd door op-de-bron/naast-de-bron metingen door gebruik te maken van de chopping secondaire spiegel. Voor direkte detektors zoals in de breedband continuum ontvanger van de JCMT, wordt meestal de "Noise Equivalent Power" (NEP) gegeven in W/Hz$^{\frac{1}{2}}$ gebruikt en kan de thermische fluctuatie benaderd worden door : $\Delta T_d \sim NEP/2kB_{in}$ (Blaney, 1980). Hierin stelt B_{in} de bandbreedte na filtering van het ingangssignaal voor.

Zoals volgt uit Figuur 6, is het aantrekkelijk om ontvangers uit te rusten met supergeleidende (SIS) en/of met Indium Antimonide mengers. De eerste van de twee bestaat in essentie uit twee supergeleidende films gescheiden door een uiterst dunne ($\sim$20-30Å) isolatie laag, zodanig dat een effektief oppervlak van de orde 1 μm² ontstaat. Het geheel is ondergebracht in een geschikte microgolf omgeving. In deze struktuur kan een elektronen tunnelingstroom plaatsvinden (zgn. quasi deeltjes) die heel snel toeneemt als de aangelegde gelijkspanning van de orde van de met de supergeleiders geassocieerde spanningsgap ($\sim$1mV) wordt. De met een enkel foton van signaal en locale oscillator

geassocieerde spanning hν/e, kan groter zijn dan de grootte van deze niet-lineariteit in de I-V karakteristiek waardoor quantum effekten in het mengproces een rol gaan spelen en zelfs versterking mogelijk is (Tucker, 1985). Dit is niet mogelijk met een klassieke menger zoals de veel gebruikte puntkontakt (Schottky diode) menger. De ongewenste shot noise in de supergeleidende mengers is bovendien lager vanwege de veel kleinere spanningsgap, terwijl een ruis bijdrage als gevolg van een serieweerstand (als bij de S-D menger) ontbreekt. Door de technologische moeilijkheden bij de fabrikage in relatie tot de betrouwbaarheid, zijn SIS of andere supergeleidende mengers nog niet in gebruik in de JCMT ontvangers.
Bij de Indium Antimonide menger ondergaat het electronen gas van het tot 4.2 K gekoelde kristal een temperatuur verhoging a.g.v. invallende straling (zgn. 'hete' elektronen). De mobiliteit en daarmee de weerstand zal hierdoor veranderen en kan gedetekteerd worden als een spanningsverandering over de elektroden. Deze bevat een komponent op de gewenste verschilfrequentie maar heeft als nadeel dat deze slechts een instantane bandbreedte kan hebben van orde 1 MHz. Om toch over een voldoende brede band, zeg 100 MHz te kunnen meten, dient de lokale oscillator gezwaaid te worden waardoor de integratietijd per spectraal punt in deze verhouding afneemt (in dit voorbeeld minimaal een faktor 100). Ondanks de inherent lage ruis van dit type menger (zie Figuur 6), kan de gevoeligheid per spectraal punt voor een vaste totale waarneemtijd dan zodanig dalen dat zeker op de lage frequenties, een gekoelde Schottky Diode menger met een veel grotere instantane bandbreedte (~1 GHz) de voorkeur heeft. Een InSb ontvanger is echter een veel simpeler instrument en een keuze is dan ook van een groter aantal faktoren afhankelijk.

Tabel 2 geeft een overzicht van het huidige JCMT ontvangst instrumentarium inklusief de in uitvoering zijnde uitbreidingen. Hierbij is ook het derde type front end nml. de door ROE gebouwde en met een

Commissioning en Day One Instrumenten:

1. Frontend Ontvangers
Ontvanger A; Gekoelde Schottky Diode mixer, (230 GHz) 2 pol., 4 GHz middenfrequent (500 MHz)

Ontvanger B: Gekoelde Schottky Diode mixer, (320-370 GHz) 1 pol., 1.5 GHz middenfrequent (500 MHz)

UKT 14: He3/4 gekoelde breedband continuum bolometer ontvanger

2. (Standaard) IF systeem
4 kanaals, 1 GHz breed rond 1.5 en 4 GHz en interface units met back ends

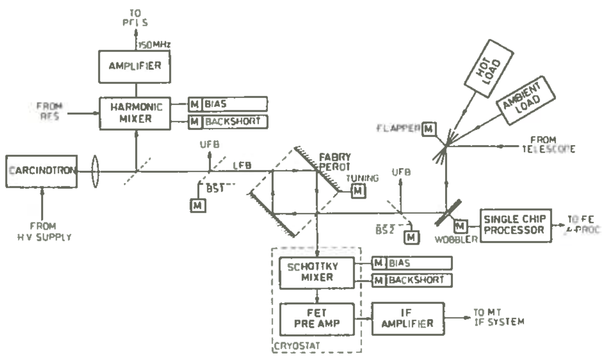
3. Backends
Digitale Autocorrelator, 320 MHz, 256 ch.

Acousto Optic Spectrometer, 500 Mhz, 1024 ch (Δf = 1 MHz) 50 MHz, 1024 ch (Δf = 0.13 MHz)

Tabel 2: Overzicht van huidige JCMT Instrumenten.

commercieel verkrijgbare Germanium bolometer uitgeruste continuum ontvanger genoemd. D.m.v. een computer gestuurd filterwiel dat een aantal filters van zo'n 40 GHz breed bevat kan uit 6 frequentie banden van 350 μm tot 1100 μm worden gekozen.

Frontend ontvanger
In wat volgt zullen vooral de Nederlandse bijdragen en plannen worden toegelicht. Dit is geen belangrijke beperking want deze bedekken een breed gebied.

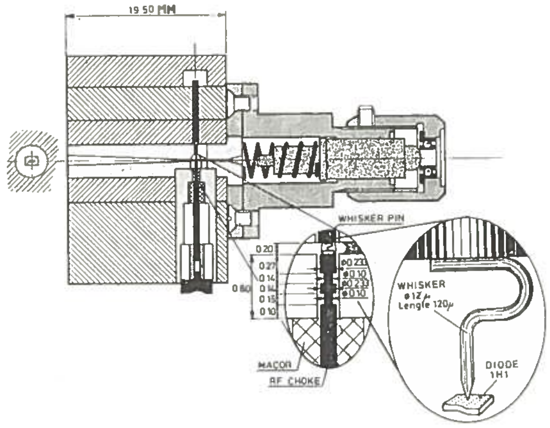


Figuur 7: Quasi-optiek en gekoeld gedeelte van de Nederlandse heterodyne ontvanger. Een carcinotron genereert het lokale oscillator signaal dat naar de S-D menger rond 345 GHz wordt geleid. Een deel van het LO-signaal gaat naar een harmonische menger die deel uitmaakt van een fase/frequentie lock systeem.

Figuur 7 geeft het funktionele diagram van de quasi-optiek en het gekoelde gedeelte van Ontvanger B (Casse, 1986).
Dit is een volledig geautomatiseerde, enkel kanaals, gekoelde ontvanger met 500 MHz instantane bandbreedte rond 1.5 GHz middenfrequent en afstembaar van 320-370 GHz.

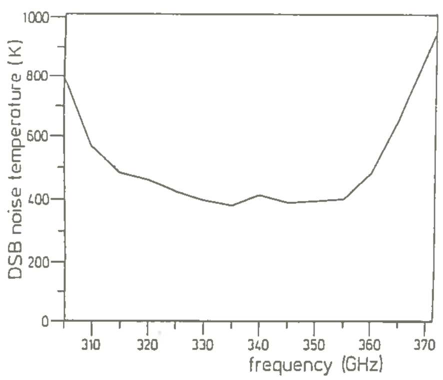
Een 'flapper' in het signaalpad van de ontvanger zorgt voor een keuze mogelijkheid tussen astro signaal en straling afkomstig van een 'hete' bron (~50°C) of één op omgevingstemperatuur. Beide bronnen maken deel uit van de ontvanger en verschaffen wegens hun bekende ruis temperatuur, een calibratie mogelijkheid voor de sterkte van het inkomende teleskoop signaal. De 'wobbler' is een weglengte modulator waarmee staande golven ontstaan wegens reflekties tussen teleskoop en detektor, worden 'uitgemiddeld'. Na (vrijwel volledige) reflektie op een gevouwen Fabry Perot interferometer, wordt het signaal via een lens naar de gekoelde Schottky diode menger gevoerd. De lokale oscillator is afkomstig van een bepaald type lopendegolfbuis nml. een carcinotron dat op deze frequenties in staat is over een afstemgebied van zo'n 15%, een behoorlijk vermogen te leveren (~20-100 mW). Omdat de gekoelde (~15K) diode een fraktie van een milliWatt vereist, is het ontwerp van dit signaalpad niet kritisch. Het LO signaal wordt in transmissie door de Fabry Perot geleid nadat een deel van het vermogen via een diplexer naar de harmonische menger is gevoerd.

De Fabry Perot fungeert als smalbandig afstembaar filter voor het LO-signaal zodat gevoeligheidsverlies als gevolg van diens ruis zijbanden, welke vallen binnen de astro-signaal band, wordt vermeden. In Figuur 7 is aangegeven dat alle afstembare funkties verzorgd worden door motoren die vanuit een centrale computer gestuurd kunnen worden.



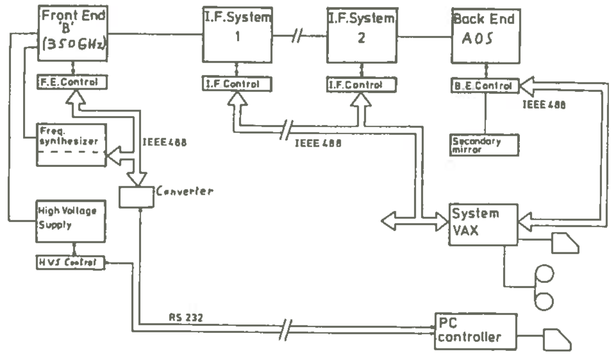
Figuur 8: De koelbare Schottky Diode menger. De inzet toont de whiskerpen die het kontakt met de diodechip verzorgd. Signaal wordt via de rechthoekige hoorn ingekoppeld. Afstemming gebeurd met de kortsluitzuiger.

Figuur 8 geeft een doorsnijding van de in golfpijp technologie uitgevoerde menger (Woestenburg, 1987) waaruit de mechanische complexiteit bij de realisatie is af te leiden. Dit betreft onder meer de coaxiale choke structuur. De inzet toont de whiskerpen waarmee met behulp van speciaal gereedschap, het kontakt met de diode chip tot stand wordt gebracht. De afstemming met behulp van de kortsluitzuiger is automatisch. Bij de realisatie van dit type mengers worden de golfpijpdelen met behulp van elektroformering gemaakt; dit is een elektrochemische methode waarin vanuit een geschikt bad materiaal (in dit geval vooral koper) op bijvoorbeeld een roestvrijstalen doorn wordt neergeslagen. Nadat voldoende materiaal is aangegroeid, wordt het 'negatief', namelijk de doorn, uit het werkstuk getrokken.



Figuur 9: Gemeten (dubbelzijband) ontvanger ruistemperatuur als funktie van de frequentie. De in de praktijk belangrijker enkelzijband ruistemperatuur is ongeveer 2 x hoger.

Figuur 9 toont de gemeten dubbelzijband ruistemperatuur behaald met deze ontvanger na optimalisatie van de positie van de kortsluitzuiger. De enkelzijband temperatuur is ongeveer een faktor twee hoger. Vergelijking met Figuur 6 geeft aan dat dit een heel goed resultaat is. De menger is geïntegreerd met een teflon lens die tevens fungeert als vacuumvenster in de cryostaatwand van het gesloten koelsysteem. Een koperen strip fungeert als thermisch kontakt met het 20 K plateau waarop tevens de voorversterker is gemonteerd.



Figuur 10: Control- en busstruktuur van de JCMT rondom de 350 GHz ontvanger.

De resultaten zijn behalve afhankelijk van de geschikt gekozen microgolfomgeving tevens een funktie van de gebruikte GaAs diodes die door hun geringe afmetingen ($1 \mu m^2$) en optimale doping profiel, afsnijfrequenties van enkele THz halen. De ruisbijdrage van de middenfrequent vóórversterker is laag dankzij moderne FET's zodat nu rondom 1.5 GHz routinematig ruistemperaturen in gekoelde toestand lager dan 10 K worden behaald. Met gebruikmaking van HEMT's (High Electron Mobility Transistors) ligt dit zelfs beneden de 5 K.

Figuur 10 toont de layout van de control en busstruktuur van het komplete JCMT ontvangersysteem indien ontvanger B als frontend fungeert. Alle hoofdontvangerdelen hebben een lokale intelligentie die voor de daadwerkelijke besturingstaken zorgdraagt. Monitoring gegevens en astrodata worden door de centrale computer verwerkt i.c. opgeslagen. Verdere gegevensbewerking vindt elders, bijvoorbeeld in de thuisinstituten, plaats.

Het fase/frequentie lock systeem van deze ontvanger heeft een gemeten residuele stabiliteit (frequentiebron afgetrokken) van de orde 10^{-17} (τ=1000 sec) (van Ardenne, 1986). Dit komt neer op een rms fasefout van minder dan 1° op 350 GHz. Zonder een dergelijk systeem treedt "frequentieversmering" op bij hoge resolutie waarnemingen. De bereikte kwaliteit is hiervoor meer dan adequaat en laat interferometrische waarnemingen tezamen met ander (sub) mm telescopen toe waarbij de JCMT één van de ontvangstelementen vormt. Dit kan zijn met bijvoorbeeld teleskopen op Mauna Kea zoals de 10m

diameter teleskoop van Caltech (lokale interferometrie) hetzij met teleskopen op veel grotere afstand bijvoorbeeld op het vaste land van de VS of in Japan (Very Long Baseline Interferometry of VLBI). De vereiste fase-coherentie wordt bereikt doordat de lokale oscillator frequenties alle worden afgeleid van uiterst stabiele atoomstandaarden (ic. H-masers).

Binnenkort wordt het ontvangerpark uitgebreid met een in G.B. gebouwde 460-490 GHz ontvanger. Deze is geschikt voor twee polarisatie richtingen en is uitgerust met twee Indium Antimonide bolometer mengers met gemeten ruistemperaturen van 400 resp. 500 K. Tevens wordt de 230 GHz Schottky diode ontvanger (zie Tabel 2) die als Commissioning Instrument dienst deed qua mogelijkheden zodanig uitgebreid dat een afstemgebied van 220-280 GHz beschikbaar komt.

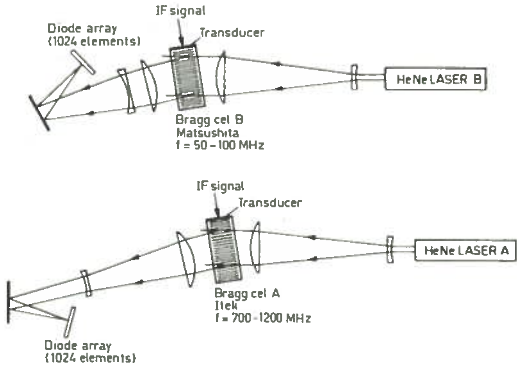
Middenfrequentgedeelte

Het standaard JCMT middenfrequentsysteem bestaat uit twee in essentie analoge en twee controle eenheden. In de eerste twee vindt naast filtering versterking en eventueel frequentie konversie van het astro-signaal, ook niveau aanpassing en detektie plaats. Deze, samen met twee meer backend specifieke aanpassingseenheden, vormen een gemakkelijk te bedienen interface tussen de frontend ontvangers en de huidige en het op stapel staande backend. De 1 GHz brede middenfrequentband kan rondom 1.5 GHz (2 kanalen) of 4.0 GHz (2 kanalen) liggen terwijl operatie met 4 x 1.5 GHz ingangskanalen eveneens mogelijk is. Deze laatste mogelijkheid is geschikt voor een multibeam ontvanger met een gering aantal bundels (zie verderop). Bij 4.0 GHz inputs wordt gekonverteerd naar de 1.5 GHz band d.m.v. zelfontwikkelde synthesizers met 20 MHz resolutie.

Backendsystemen

Kijken we naar de backends dan is de één een vrij eenvoudige digitale autocorrelator die al enkele jaren op de United Kingdom Infrared Telescope (UKIRT) ook op Mauna Kea, in gebruik is geweest. Dit is een breedbandige "hybride" spectrometer van 320 MHz breedte met 512 correlatiekanalen. Via het back-end specifieke analoge frequentie demultiplexing netwerk, wordt het inkomend signaal naar 8 digitale secties gebracht elk met eigen (1 bits) analoog-digitaal omzetters opererend op 95 MHz klokfrequentie. Dit type spectrometer is erop gebaseerd dat de na sampling, digitalisering en correlatie verkregen autocorrelatie funktie en het corresponderende vermogensfrequentiespektrum, een Fourier paar vormen. De spektrale resolutie wordt bepaald door de bandbreedte van het signaal m.b.v. geschikte laagdoorlaat filters (B_{lp}) en het aantal (delay) correlatiepunten (N): $\Delta fres = B_{lp}/N$. Dergelijke systemen zijn uiterst stabiel en flexibel en vertonen een hoog dynamisch bereik ($\geq$ 30 dB).

Het eenvoudige 1-bits correlator schema wordt toegepast ondanks een gevoeligheidsverlies van $\pi/2$ in vergelijking tot een perfekte analoge correlator. Bij continuum waarnemingen kan dit verlies nog tegen bandbreedte worden geruild (zie uitdrukking (2)) maar voor een bepaalde gewenste resolutie is dit bij lijnwaarnemingen uiteraard niet mogelijk en dient bij voorkeur het verlies te worden beperkt door met meer dan 1 bit te digitaliseren.



Figuur 11: Optische pad van de AOS. De middenfrequent gebieden van de 500 MHz en de 50 MHz segmenten is aangegeven. Het afgebogen laserlicht wordt gefocusseerd op de twee lineaire arrays elk bestaande uit 1024 diodes.

Het tweede in gebruik zijnde backend is een acousto optische spectrometer gebouwd door de Sterrewacht in Utrecht (van de Stadt, 1982). Het principe van de AOS is totaal verschillend (zie Figuur 11). Hierin wordt de roosterkonstante van een geschikt gekozen kristal (zgn. Bragg cell) gevarieerd in overeenstemming met de akoestische golven die na tussenkomst van een transducer, het middenfrequent signaal representeren. De roostervergelijking van het door het kristal vallende licht afkomstig van een HeNe laser, wordt gegeven door:

$$\sin \theta = \lambda_0/\lambda_a = \lambda_0 f/V_a \qquad (3)$$

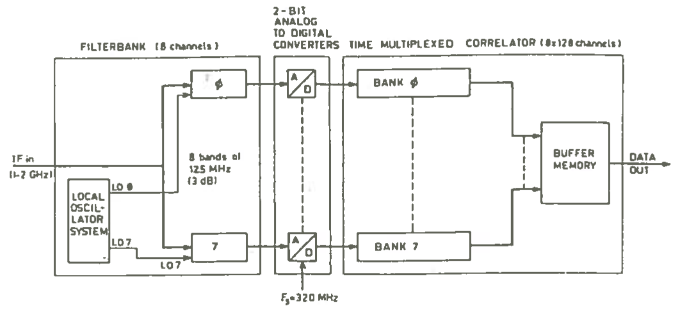
waarin λ_a = akoestische golflengte
V_a = snelheid akoestische golf
f = signaal frequentie (middenfrequent)
θ = brekingshoek
λ_0 = optische golflengte

Het afgebogen licht wordt via een lens op een lichtgevoelige diode array afgebeeld. Vanwege de evenredigheidsrelatie tussen θ en f voor kleine θ, is het dus mogelijk een "real time" spectrum analyzer te realiseren.

De AOS bestaat uit twee gedeeltes, elk uitgerust met een 1024 diode array. De ene sektie heeft een bandbreedte van 500 MHz met een resolutie van 1 MHz en de andere is 50 MHz breed en heeft een veel hogere spektrale resolutie nml. 130 kHz. Een synchronisatie en optelcircuit genereert elke 20 msec een serie van de 2048 uitgelezen analoge signalen die samen de spektra

vormen. Deze worden vervolgens in de backend controller geintegreerd om daarna naar de centrale computer te worden geleid. Dankzij het grote aantal kanalen in kombinatie met de bandbreedte, is dit backend geschikt voor twee polarisatierichtingen. Dit wordt bereikt door middel van een eenvoudig frequentie diplexing schema. Met de AOS is signaalruisverbetering door integratie mogelijk tot 1000 sec dankzij een hoge graad van thermische stabilisatie (±0.01° C). Het instantane dynamische bereik is van de orde 25 dB.

Afgezien van de in Tabel 2 genoemde Commissioning en Day One Instrumentatie staat een belangrijke uitbreiding op stapel met de bouw van een 2 GHz brede digitale autocorrelator spectrometer met 2048 correlatie kanalen (Bos, 1986). De 2 bits digitalisatie (ook 1 bit is mogelijk) reduceert het gevoeligheidsverlies voor lijnwaarnemingen tot ongeveer 10% in plaats van 57%. Sampling vindt plaats op 320 MHz. Het ingangscircuit kan worden gekonfigureerd (i) voor meer dan één middenfrequent input tot een maximum van 8, met een korresponderend lager aantal correlator kanalen of (ii) voor één ingang met minder bandbreedte zodat een evenredig groter aantal kanalen voor hoge frequentie resolutie waarnemingen beschikbaar is. De eerste eigenschap is interessant voor multibeam werk, zie verderop. In de korrelator wordt gebruik gemaakt van een custom designed logic array 1.5µ CMOS chip. Deze werkt op een 40 MHz klok. De chip berekent 16 punten van de autocorrelatiefunktie en integreert de 2x2 bit produkten in een 22 bits accumulator.



Figuur 12: Vereenvoudigd blokschema van de "helft" van de digitale spectrometer. Bij de uitvoering wordt gebruik gemaakt van custom designed logica voor het correlator en integrator circuit.

Deze spectrometer kan ook als kruiskorrelator werken voor maximaal 4 "interferometers". Deze optie is van belang voor de eerder genoemde interferometrische waarnemingen. Een andere toepassing is kruiskorrelatie voor signalen in het brandpunt van de JCMT (focal plane interferometrie). Hierbij wordt in eerste aanleg aan verbeterde kalibratiemogelijkheden van een kleine lineaire array gedacht door gebruik te maken van de geometrische redundantie in de array.

Figuur 12 geeft een eenvoudig blokdiagram van de beschreven auto/kruiscorrelator spectrometer. Het komplete backend bestaat uit een verdubbeld schema met een iets complexere ingangskonfiguratie geschikt voor meerdere ingangen.

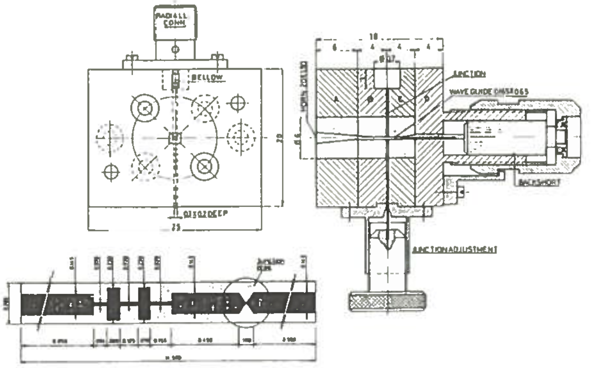
Ontwikkelingen

Een belangrijke instrumentatie ontwikkeling voor de JCMT is ingezet met de ontwikkeling van supergeleidende mengers waarvoor de lage ruistemperatuur (zie Figuur 6) een belangrijk motief vormt.

In Nederland betreft het hier SIS werk binnen de Radiosterrewacht Dwingeloo rondom 350 GHz gebaseerd op een loodlegering als supergeleiders en Josephson Junction (JJ) mengers op 350 en 1000 GHz (en op wat langere termijn ook SIS mengers), binnen Ruimteonderzoek Groningen (ROG). Bij de JJ-mengers wordt het gedrag, anders dan bij SIS mengers, bepaald door gepaarde elektronen (Cooper pairs) als drager van de tunnelstroom. Als supergeleider wordt het veel duurzamer Niobium gebruikt. Dit materiaal tezamen met Niobium Nitride is hierdoor en door hun supergeleidende eigenschappen geschikter dan lood junctions voor SIS mengers. Aan de ontwikkeling van dit type junctions wordt bij Technische Natuurkunde afdelingen van de T.U. Delft en de Rijksuniversiteit Groningen in samenwerking met ROG, een behoorlijke inspanning geleverd. De loodjunctions van de Radiosterrewacht Dwingeloo zijn afkomstig van Kent University. Met deze laatste zowel als met de uit Delft afkomstige Josephson Junctions zijn op 345 GHz binnen het laboratorium ruistemperaturen behaald die vergelijkbaar of iets beter zijn dan die van Schottky Diode mengers. Op lagere frequenties namelijk 230 GHz, is de door RAL (UK) gemeten SIS mixer temperatuur een faktor twee beter dan de Schottky Diode mengers van Ontvanger A (zie Tabel 2) terwijl elders al ontvangers uitgerust met SIS mengers op teleskopen in gebruik zijn op 115 GHz of lagere frequenties. Het is dan ook te verwachten dat een volgende generatie JCMT ontvangers met supergeleidende mengers zal zijn uitgerust.

Figuur 13 geeft een voorbeeld van de 350 GHz SIS mixer welke in Dwingeloo in gebruik is. Het is een golfpijp menger met een soortgelijke opzet als getoond in Figuur 8 voor de Schottky Diode menger. Een belangrijk verschil is echter dat de uitvoering van de SIS menger mechanisch eenvoudiger is omdat het mechanisch meest gekompliceerde deel nu langs (foto) lithografische weg wordt bereikt. De inzet toont de planaire struktuur waar de junction is opgebracht tezamen met de choke struktuur die ter plaatse van de junktie een RF kortsluiting vormt terwijl het

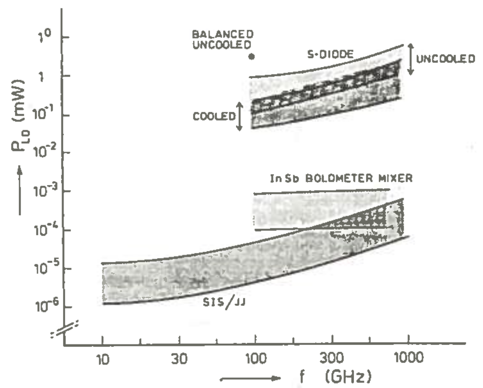
middenfrequent signaal via de microchip struktuur nauwelijks wordt verzwakt. De parasitaire capaciteit van de SIS menger parallel aan de junction mag een orde groter zijn (namelijk van de orde tientallen fF) dan van een S-D mixer vanwege de afwezigheid voor een serie weerstand door het gebruik van de supergeleidende struktuur. Hierdoor vervalt de noodzaak van het capaciteitsarme whisker kontakt met de diode en is niet alleen een mechanisch eenvoudiger maar ook een potentieel betrouwbaarder menger mogelijk.



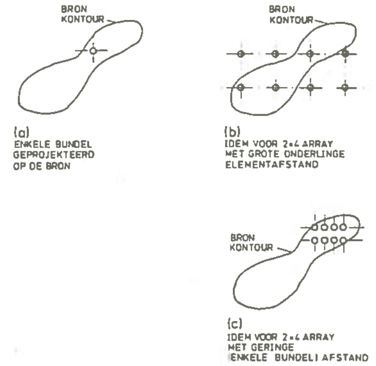
Figuur 13: Lay out voor een prototype SIS menger op 350 GHz. De inzet toont de planaire struktuur waarop de feitelijke junction is opgebracht tezamen met een RF/LO choke in microstrip uitvoering op 0.1 mm kwartsdrager. Het oppervlak van de junction is van de orde 1μm².

Figuur 14 toont het uiterst geringe benodigde lokaal oscillator vermogen van deze supergeleidende mengers dat 3-4 ordes lager is dan voor een S-D menger.

Hiermee wordt de mogelijkheid gegeven een simpele en kompakte vaste-stof oscillator (vb. Gunn) met vermenigvuldiger te gebruiken in plaats van bijvoorbeeld een carcinotron dat afgezien van de onaantrekkelijke hoogspanningsvoeding door zijn beperkte levensduur (<1000 uur) operationeel duur is. Het vermogen zou dan zelfs tot 500 GHz voldoende zijn een focal plane array tot 100 supergeleide mengers, van adequaat LO-vermogen te voorzien.



Figuur 14: Vereist LO vermogen voor diverse typen mengers.



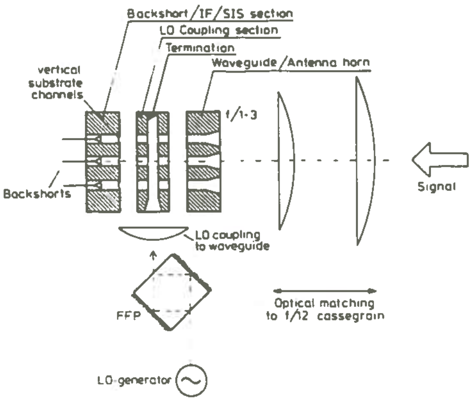
Figuur 15: Illustratie van mm-bundels geprojekteerd op de bron.

Zo'n array is van belang omdat op (sub)mm frequenties en juist met het groter worden van de teleskopen, de primaire teleskoopbundel met een afmeting van 1.2 x λ/D, (veel) kleiner kan zijn dan de afmeting van de astronomische bronnen. Bij gebruik van een focal plane array ("multibeam") worden simultaan een groot aantal bundels elk "afkomstig" van een individueel array element, op de hemel afgebeeld. Een en ander is geillustreerd in Figuur 15, voor diverse eenvoudige array konfiguraties. De laatste konfiguratie (c) is beter geschikt voor imaging vanwege de geringe afstand tussen de elementen. Omdat het effekt van de troposfeer aanzienlijk kan zijn (Figuur 2) heeft konfiguratie (c) tevens het voordeel dat de bundel overlap aanzienlijk is zodat troposferische effekten op de ontvangen straling van bundel tot bundel gering zijn (Baars, 1970). Dit is aannemelijk te maken omdat de troposfeer zich volledig in de nabije Fresnel zône bevindt waar de bundels voornamelijk parallel zijn; het verre veld van de JCMT begint (~D^2/λ) bij 350 GHz op zo'n 250 km!

Elders (ROE, UK) wordt de bouw van een continuum array ontvanger bestudeerd terwijl binnen de Radiosterrewacht al enige tijd aan een prototype 3-bundel heterodyne array wordt gewerkt (van Ardenne, 1987) welk naar verwachting begin 1988 gereed zal zijn. Het principe is getoond in Figuur 16. Het noodzakelijke LO vermogen wordt via een "cross-guide coupler" homogeen gedistribueerd. Inkoppeling wordt verkregen door middel van een dubbellens systeem. Het ligt in de verwachting dat deze technologie tot maximaal zo'n 2x4 array (8 bundels) uitbreidbaar zal zijn vanwege de toenemende mechanische problemen. Astronomisch is echter te voorzien dat een 8x8 array wenselijk is. Om deze redenen wordt in samenwerking met Ruimteonderzoek Groningen en de Rijksuniversiteit Groningen gewerkt aan geintegreerde (planaire) arrays waarbij de antenne met de menger is geintegreerd. De dissipatie van de som van gekoelde voorversterkers kan echter aanzienlijk worden waardoor

het vloeibare helium ongewenst snel zal verdampen. Momenteel wordt dan ook geprobeerd om de dissipatie uiteraard met zo goed mogelijk behoud van optimale eigenschappen, te reduceren.

Als in de jaren negentig dit soort arrays zal verschijnen, wordt een belangrijke bijdrage geleverd om gevoeligheids en diffraktie begrensde afbeeldingen van astronomische objekten op (sub)millimeter golflengtes te verkrijgen.



Figuur 16: Concept van een linear array bestaande uit drie elementen.

De JCMT is tot stand gekomen dankzij de inspanning van velen die vaak nu nog hun inbreng blijven leveren. Van de instituten aan Nederlandse kant is afgezien van de Radiosterrewacht te Dwingeloo, vooral bijgedragen door de Sterrewacht van de Universiteit van Utrecht, het Laboratorium voor Ruimteonderzoek Groningen en door het ESA Technical Centre (Estec) in Noordwijk.

Referenties:
Van Ardenne, A., Woestenburg, E.E.M., van der Ree, L.J. (1986); A 350 GHz phase/frequency locked loop for use with a carcinotron backward wave oscillator, Rev. Sci. Instrum., 57, 2547-2553.
Van Ardenne, A. (1987); Design Considerations for a multibeam receiver for mm-wave Radio Astronomy, Int. J. IR and mm-waves, 8, 107-117.
Baars, J.W.M. (1970); Dual Beam parabolic Antennae in Radioastronomy, Proefschrift, T.U. Delft.
Blaney, T.G. (1980); Detection Techniques at Short Millimeter and Submillimeter Wavelengths, An Overview, Ch. 1 in Infrared and Millimeter Waves, Vol. 3, Ed. K.J. Button, AP.
Bos, A. (1985), Backend Spectrometers; a review, SPIE, 598, 134-140.
Casse, J.L., de Graauw, T., van de Stadt, H., Woestenburg, E.E.M.; 345 GHz Heterodyne Receiver System for the JCMT, NFRA Int. Techn. Rep. 180 (1986).
van de Stadt, H., Lindenberg, J.A., Claas, J. (1982); Design of Acousto Optical Spectrometers, Proc. ESA Workshop, EAS SP189, 197-199.
Tucker, R., Feldman, M.J. (1985); Quantum Detection at millimeter wavelengths, Rev. Modern Phys. 57, 1055-1113.
Weinreb, S. (1984); National Radio Astronomy Observatory (NRAO), Charlottesville, Virginia, USA.
Woestenburg. E.E.M., Nieuwenhuis, L. (1986); Low noise 320-360 GHz Cryogenically Cooled Waveguide Schottky Diode Mixer, Electr. Lett., 22, 1305-1307.

Voordracht gehouden tijdens de 354e werkvergadering.

URSI Commission F Conference

Wave Propagation and Remote Sensing

Durham, N.H., 28/7 - 1/8, 1986

Summary of topics of interest, by Dr. ir. G. Brussaard*)

1. Path delay and attenuation due to water

Two papers from NOAA, Boulder, discussed the accuracy and results of remote sensing of atmospheric temperature profiles and water vapour content. Atmospheric water vapour is an important contributor to path delay and hence to error in high-accuracy (less than 10 cm) satellite ranging. Also, it contributes significantly to attenuation on clear-sky conditions for frequencies above 18 GHz.

The conclusion of these papers was that the water vapour delay may be estimated to an accuracy of less than 1 cm, when dual-frequency 20/30 Ghz radiometers are used. Cloud liquid water, which contributes to attenuation alone, may also be estimated this way.

Another paper, from CNET, studied the accuracy with which the "wet path delay" may be estimated with models that use only ground-based measurements of temperature, pressure and humidity. Here the final accuracy depends very much on the climatic region in question and, to some degree, on the conviction of the author of the model. Accuracies in the order of 3-6 cm seem to be feasible in most cases.

A paper by Dr. Hans Liebe of NTIA, Boulder presented the latest results of attenuation and dispersion measurements in the range 10-100 GHz. It appears that the computer model developed by NTIA is now complete (including a model for haze development) and in very close agreement with all known observations. The so-called "anomalous water vapour absorption" problem, for (sub)millimeter waves is now resolved.

2. Propagation for Land-Mobile satellite communications systems

NASA has sponsored a series of investigations into propagation characteristics of satellite earth paths at 900 MHz and 1500 MHz. Emphasizing 900 MHz application, experiments were reported using balloon and helicopter borne transmitters. Investigations reported varied from field experiments simulating actual operational conditions to laboratory measurements of artificial trees.

The programme of measurements clearly aims at studying individual elements of the propagation environment as well as the overall result on land-mobile communication quality. However, the presentations gave an impression of a series of scattered experiments rather than a coherent programme. Nevertheless NASA appears to be spending some $400.000,-- per year on these studies.

3. Remote Sensing of the sea surface

A session with 8 papers was devoted to remote sensing of the sea. The papers addressed a large variety of subjects. A theoretical paper by Wetzel reported on results of calculations of scatter from the sea using GTD and a wedge model for the surface.

Two companion papers by Lyzenga reported on analysis of synthetic aperture radar pictures. The interesting suggestion was made that wave breaking may contribute significantly to backscatter also at lower wind speeds. Wave breaking may occur as a result of interaction of surface waves and internal waves. This would significantly modify existing models, which suggest that at X-band Bragg scattering is the only important mechanism for sea surface scatter.

4. Remote sensing of the atmosphere

Remote sensing of water vapour has been discussed above (1). A series of papers presented results of radar measurements of precipitation and clouds. An novel approach, where radar PPI picture were analysed by 2-dimensional Fourier transform to produce spatial spectra was presented by R.K. Crane. Modelling of rain phenomena using a geophysical approach appears to be possible, leading to better understanding of processes involved in producing convective rain.

Other papers addressed classical experiments such as UHF/VHF wind profiler radars and multifrequency radiometers for temperature profiling.

5. Atmospheric effects on propagation

With the availability of more suitable hardware, research into propagation of millimeter waves has intensified. Papers addressed a mixture of remote sensing and communication aspects of millimeter wave propagation, especially when discussing frequency dependence of propagation effects.

A Paper on propagation through dust by N. McEwan reported on the final result of a theoretical study combined with extensive laboratory measurements of sand and dust particles. It appears that this subject can now be closed for all practical purposes. Attenuation by dust is hardly a problem up to 40 GHz. Some noticeable crosspolar effects may be due to wet particles only.

Multipath propagation studies were presented by A. Webster, using a large vertical antenna array to measure

---

*) Persoonlijke notities, uit het reisverslag van de auteur, die werkzaam is bij ESTEC, Noordwijk.

angle of arrival.

Most important topics covered by papers on microwave propagation on earth-satellite paths were:

- Fade duration and fade rate statistics
- Scintillation effects
- Spatial structure of raincells. This is of importance for the evaluation of adaptive satellite systems combatting rain attenuation by making available some shared resource (extra power, bandwidth, time).

It appears that this research area suffers from the lack of adequate satellite-borne beacons. Radar measurements are sidely used to study various aspects of atmospheric effects but these are very cumbersome and expensive.

An interesting paper by P. Baptista showed evidence of the influence of the solar cycle on rain statistics in the U.K. It was noted that 11 years were sufficient to characterise the average annual distribution of rain intensity and that a clear periodicity of 11 years was present. At present no data from other countries are present to support or contradict this finding.

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. R. van den Berg, Oude Schans 13, 1011 KR Amsterdam.
Prof.dr.ir. W.M.G. van Bokhoven, Knippekamp 8, 5731 CD Mierlo.
E. Hardam, Hagenkampweg 4, 5616 AR Eindhoven.
Ir. C. Joosse, Erasmuslaan 27, 5645 GA Eindhoven.
Ir. A.G. van Lienden, Tamboerijnlaan 41, 2287 TC Rijswijk.
Ir. G.A. Niekolaas, Steenzicht 30, 2543 AH 's-Gravenhage
Dr. M.A. Perry, Cartesiuslaan 20, 2341 AN Oegstgeest.
Dr.ir. K.A. Schouhamer Immink, W. Alexanderlaan 15, 5664 AN Geldrop.
Ir. H.F. Sikkema, Langswater 632, 1069 EE Amsterdam.
Ir. P.F.M. Smulders, Platschelpenbank 5, 2317 ML Leiden.
Ir. R.R. Venekamp, Lindenlaan 33, 2451 CB Leimuiden.

Nieuwe leden

Ir. L.C.J.M. Koolen, Van Polanenpark 22, 2241 RR Wassenaar.
Ing. A. de Lange, H. Zwaardecroonstraat 25, 2593 XK 's-Gravenhage.

Nieuwe adressen van leden

Ir. O.R. Bresser, Machtelderf 23, 2743 HD Waddinxveen.
G. de Bruin, Parkweg 218, 2271 BE Voorburg.
Dr. H. Bruining, Sien de Grootstraat 40, 5671 DD Nuenen.
Ir. A.J.M. Dingjan, 'Tippy Court' Appt. 5, 19 Sukhumvit 35, (Soi Charoen Nives) Bangkok 10110, Thailand.
Ir. A. Dolstra, Kaasmaker 119, 1566 RD Assendelft.
Ir. C. Eberwijn, Dillestraat 4, 2215 BM Voorhout.
Ir. T. Feitscher, Ostermundigenstrasse 16, 3006 Bern, Zwitserland.
Ir. B.Th. Harbers, Zangvogelstraat 67, 4451 CD Heinkenszand.
Ir. R. Hensbroek, Pr. Beatrixlaan 5, 2341 TV Oegstgeest.
Ir. P.C.A.M. Karsten, Zandkreek 50, 1826 CR Alkmaar.
Ir. M.A. Kempenaar, Eemnesserweg 7 A, fl. 35, 1221 CT Hilversum.
Ir. A.V.P. van der Linden, Keukenstraat 75, 3512 NE Utrecht.
Ir. L.H.A.M. Melis, Gouddonk 11, 4824 DG Breda.
Ir. R.J. Nienhuis, Merellaan 9, 5613 AK Eindhoven.
Ir. F.Th.A. van Noesel, Lepelaar 2, 1261 RN Blaricum-Bijvanck.
Ir. K.H.W. Pasman, Hillegomweg 76, 6843 EV Arnhem.
Ing. E. van Slee, RNWO, Postbus 45, Kralendijk, Bonaire, Ned. Antillen.
Ir. L. van den Steen, Hennipdreef 3, 2761 BA Zevenhuizen Z.H.
Dr.ir. A. Venema, Hammarskjöldlaan 193, 2286 HB Rijswijk.
Ir. H.H. de Vries, Pr. Mariannelaan 108, 2275 BK Voorburg.

Ir. H.J. Welmer, Paladijnstraat 81, 5663 GK Geldrop.
Mw. Ir. O. Ying-Lie, Zwaardemakerlaan 23, 3571 ZA Utrecht.

VAN DE REDACTIE

De redactie kan door gebrek aan copy dit jaar slechts vier nummers uitbrengen. Om te voorkomen dat later nog eens naar een nummer vijf of zes wordt gezocht, is dit laatste nummer 4/5/6 genoemd.
De tweede Eurel Newsletter is verschenen met zes items. Het zesde is op pagina 133 afgedrukt.
De Eurel leden hebben duidelijk moeite geschikte onderwerpen voor Eurel newsletters te vinden. Ditmaal zijn het slechts aankondigingen van conferenties. Daar het bestuur van Eurel gedacht heeft aan een andere inhoud van deze Eurel newsletters, is besloten de publicatie ervan te stoppen. Op pagina 63 kondigden we de start aan.

ITEM

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

FUTURE CONFERENCES

1987		
22-25 September	International Conference on Electric Railway Systems for a New Century	London
12-15 October	6th International Conference on Automotive Electronics	London
19-21 October	Radar 87	London
1-2 December	International Conference on Training for Change - The Revolution in Commerce and Industry	London
1988		
11-13 April	4th Conference on HF Radio Systems and Techniques	London
11-15 April	International Specialist Seminar on the Design and Application of Parallel Digital Processors	Lisbon, Portugal
13-15 April	2nd International Conference Control 88	Oxford
23-25 May	Conference on Rural Telecommunications	London
7-8 June	3rd International Conference on Installation Engineering	London
21-23 June	Conference on Private Switching Systems and Networks	London
27-30 June	5th International Conference on Dielectric Materials, Measurements and Applications	University of Kent at Canterbury
4-8 July	2nd Conference on Software Engineering 88	Liverpool University
11-15 September	European Conference on Optical Communication (ECOC)	Helsinki, Finland

For further information please contact the IEE Conference Department, Savoy Place, London WC2R OBL

Contributed by the INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS, LONDON

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(351ste werkvergadering)
AFDELING TELECOMMUNICATIE, KIvI
IEEE BENELUX SECTIE



IR. E. W. GAAL

UITNODIGING

voor de lezingendag op **donderdag 9 april 1987** in het **PTT-vergadercentrum, Burg. Fockema Andreaelaan 15, Utrecht.**
THEMA: **CODERING VOOR BANDBEGRENSDE KANALEN.**

PROGRAMMA:

11.00 - 11.30 uur:	Ontvangst en koffie.
11.30 - 12.10 uur:	**IR. E. W. GAAL**, (Philips Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven); GECODEERDE MODULATIE.
12.10 - 13.30 uur:	Lunch.
13.30 - 14.10 uur:	**IR. T. TJALKENS**, (Technische Universiteit Eindhoven); DATA COMPRESSIE ALGORITHMEN EN PRAKTISCHE TOEPASSINGEN.
14.10 - 14.50 uur:	**DR. IR. K. A. SCHOUHAMER-IMMINK**, (Philips Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven); COMPATIBELE TRANSMISSIE VAN DIGITAAL GELUID OVER BANDBEGRENSDE KANALEN.
14.50 - 15.20 uur:	Thee.
15.20 - 16.00 uur:	**IR. S. TOL**, (AT&T en Philips Telecommunicatie bedrijven, Hilversum); LIJNCODERING VOOR DE ISDN-BASISAANSLUITING.
16.00 uur:	Sluiting.

De lezingen worden voorafgegaan door de jaarlijkse algemene vergadering van het NERG. Voor leden van het NERG, KIvI en IEEE is de entree gratis. Introducé's en andere belangstellenden dienen bij aankomst een entree-prijs van *f* 15,00 aan de ingang te voldoen.
Aanmelding voor de lezingen dient te geschieden **vóór 2 april** door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met 55 cent. Reservering voor de lunch vindt slechts plaats, als vóór 2 april een bedrag van *f* 15,00 is ontvangen op postrekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam onder vermelding van "Codering voor bandbegrensde kanalen".
Deelnemers dienen **de uitnodigingskaart mee te nemen** en op verzoek te tonen bij de toegang tot het gebouw.
Het PTT-vergadercentrum is per bus vanaf het Centraal Station bereikbaar met lijn 3 (richting Rubenslaan). Per auto kan de vergaderplaats bereikt worden door op de auto-snelweg Den Haag - Arnhem de afslag richting Amersfoort te nemen.
Op deze weg neemt u daarna de afslag "Uithof" en rijdt onder het viaduct (linksaf) richting Utrecht-Centrum. Na enkele honderden meters ziet u aan de rechterzijde van de weg het gebouw van het Telefoondistrict.
NERG-leden, die de algemene vergadering wensen bij te wonen, dienen dit aan te geven op de aangehechte kaart. Tevens dient te worden aangegeven of men de jaarstukken wenst te ontvangen.

Namens de samenwerkende verenigingen,
DR. IR. A. J. VINCK.
Tel. 040 - 473 672

Eindhoven, maart 1987.

IEEE STUDENT BRANCH DELFT
IEEE BENELUX SECTION
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(352ste werkvergadering)
AFD. TELECOMMUNICATIE VAN HET KIvI
EXPERT SYSTEMS IN THE NETHERLANDS
aSnapshotOfCurrentActivities

Invitation to attend the seminar on **EXPERT SYSTEMS IN THE NETHERLANDS**, to be held in the lecture hall B of the department of Electrical Engineering of the University of Technology in Delft on Friday, June 26, 1987.

SEMINAR PROGRAM

09.00 hour: Welcome and coffee.

09.30 hour: Opening.

09.40 hour: **Prof. Dr. Ir. E. Backer:**
- "Introduction to knowledge based systems".

10.20 hour: **Ir. H. de Swaan Arons:**
- "The DELFI project: From expert system shells to knowledge engineering environments".

11.00 hour: Coffee.

11.20 hour: **Ir. R. B. M. Jaspers:**
- "PLEXES: An expert system for diagnosis and treatment planning of brachial plexes injuries".

12.00 hour: Demonstrations of expert systems:
- **Ir. R. B. M. Jaspers: PLEXES**
- **RANK XEROX.**

12.30 hour: Lunch.

14.00 hour: **Drs. C. F. J. Doedens (BSO):**
- "Natural translation with DLT; AI techniques used".

14.40 hour: **Ir. A. J. M. Veltmeyer (TNO):**
- "The knowledge based system building tool KEE used for the integrated information processing for assembly".

15.20 hour: Tea.

15.45 hour: **E. Esmeyer (AITT):**
- "Distributed process control systems".

16.25 hour: Closing.

To register, please return the attached registration form, duly stamped (Dfl 0,55 in The Netherlands), before June, 19, 1987.

The seminar fees, including one copy of the proceedings, are Dfl 15,– for members of the IEEE, NERG and KIvI and Dfl 25,– for non members. Admission is free for students. Lunch is not included in the fees, but can be had at the local canteen of the Department of Electrical Engineering.

Payments can be made in favor of IEEE Student Branch Delft, postgiro account number 4314755, under the subject of "Expert systems in the Netherlands".

The Department of Electrical Engineering can be reached by public transportation with bus 63, departing from Delft Central Station every 15 minutes. By private transportation, take the Delft-Zuid exit on the A13 highway between Rotterdam and The Hague and follow the ANWB signs towards the "TU wijk" (university area). The red-blue building of the department is easily recognized as the tallest building in the surroundings.

We are looking forward to meeting you at the seminar.

Yours sincerely,
E. Th. L. Omtzigt
phone: 015-786234

Delft, June 1987.

Conferentieaankondigingen

Comp.Euro 88. "System design". Brussel, 11-14 April 1988.
Contactadres: H.de Clerq; Past Presedent KBVE/SRBE; c/o Siemens S.A.; Chausee de Charleroi 116; B-1060 Brussels.

9th European Telemetry Conference; ETC 88; Garmisch-Partenkirchen 6-9 Juni 1988. Contactadres: Arbeitskreis Telemetrie e.V.; Postfach D-8031 Hochstadt; W.Duitsland.

ISSLS 88; The international symposium on subscriber loops and services. Boston 11-16 September 1988. Contactadres: Horvard Shippen; c/o New England. Telephone; 350 Cochituate Road RM 174; Framingham MA 01720; USA.

Fachtagung; "Nutzung und Technik von Kommunicationsendgeräten"; Bad Nauheim 13-15 September 1988. Contactadres: VDE-Zentralstelle Tagungen; Stresemannallee 15; 6000 Frankfurt am Main 70.

ITG Fachtagung; Microelektronik für die Informationstechnik; 3-5 Oktober 1988 in Berlin. Contactadres: VDE-Haus; Stresemannallee 15; 6000 Frankfurt am Main 70. Call for papers 29-2-1988.

Comp.Euro 89; International conference on "VLSI and computer peripherals"; Hamburg 8-12 Mei 1989. Contactadres: Prof.W.E.Proebster, c/o IBM, P.O.B. 80 08 80; D-7000 Stuttgart 80; Federal Republic of Germany.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 52 - nr.4/5/6 - 1987

druk: de Witte, Eindhoven